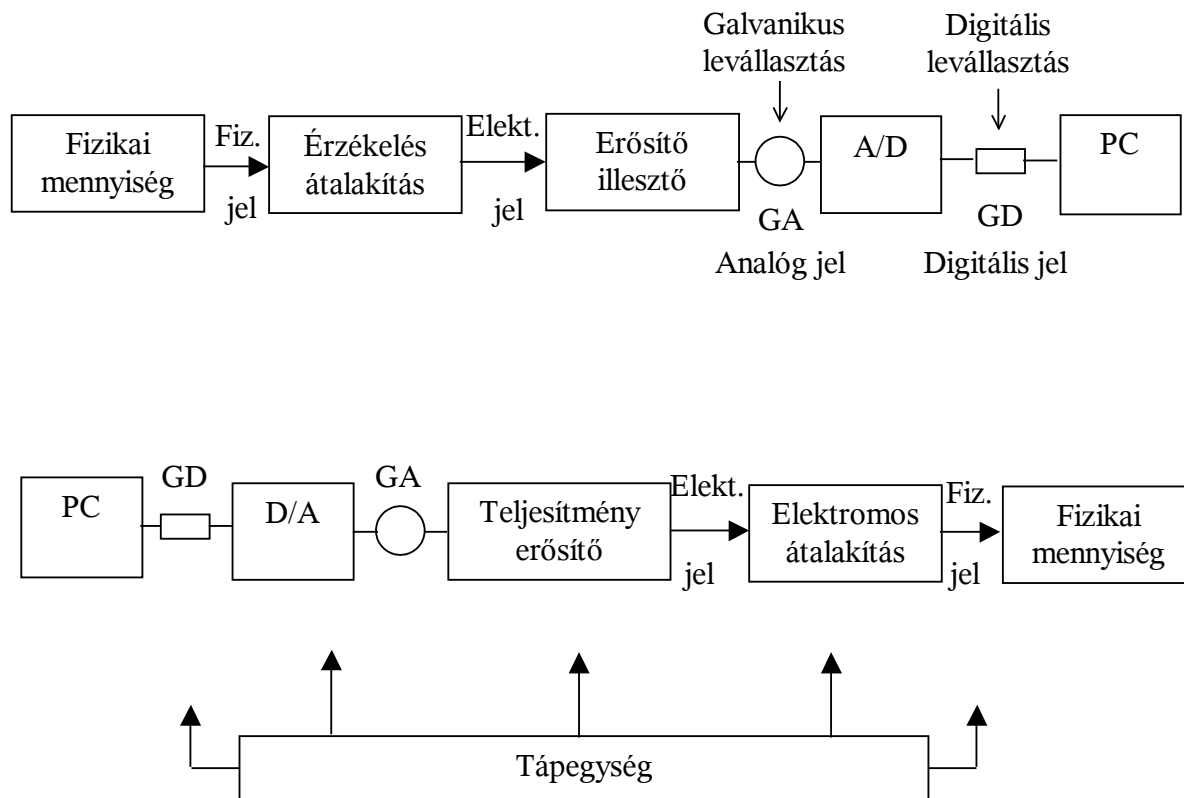
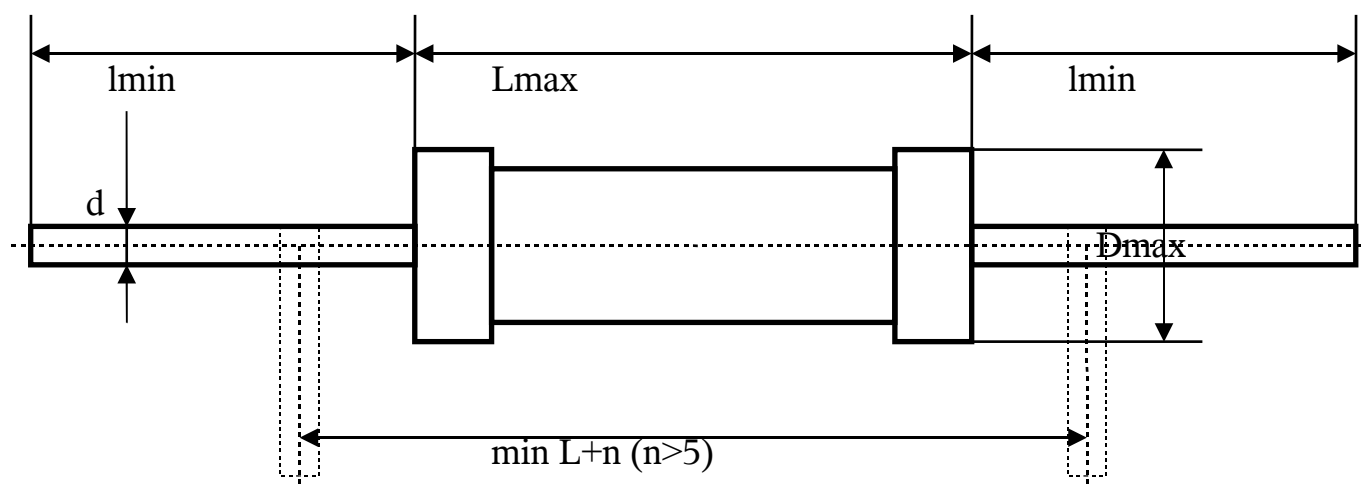


1. Ismertesse az általános elektronikai szabályzórendszer felépítését (blokkvázlat)!



Több helyen lehet visszacsatolás a bemenetre, szabályozó rendszer készíthető

2.Valóságos alkatrész főbb jellemzői Ellenállás



Fizikai méret
Névleges érték

L_{max} , l_{min} , D_{max} , d
E6 , E12 , E24-es sor szerint

Névleges terhelhetőség

$X_{en} = ((1+t)/(1-t))^n$
t Tűrés pl: ($\pm 5\%$)
E12 ($\pm 10\%$) , E24 ($\pm 5\%$)
600mW , 1W stb. Az üzemi terhelhetőség ennél mindig kisebb és hőmérséklet függő!
 $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$ stb.

Névleges tűrés

Szerkezeti felépítés

A hordoz , az ellenállás réteg , a kivezetés és a szigetelő réteg típusa
200-1000V

Határfeszültség

Hőmérsékleti tényező

m Ω /C

Zajfeszültség

$\mu V/V$

Szort induktivitás és kapacitás

Környezetállóság

Szabvány szerint

Kivezetők szilárdsága

Húzás , hajlítás , csavarás

Forraszthatóság

Huzaltótól minimum 6mm

Forrasztási hőállóság

dR/R

Tartósság

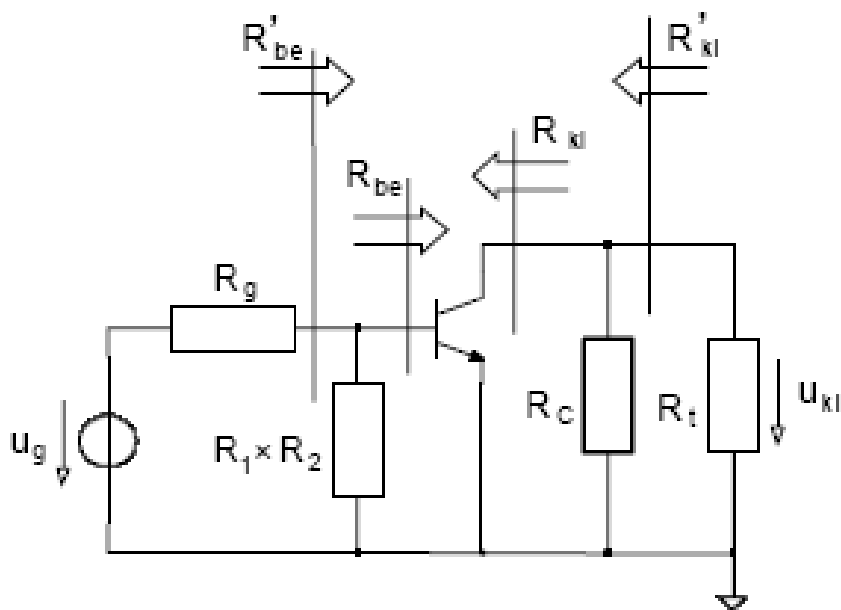
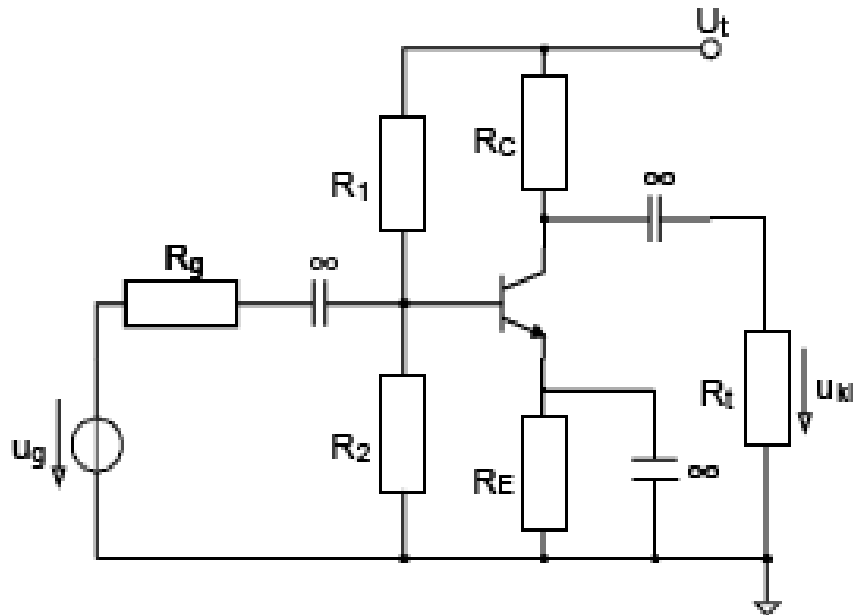
Viszsgálati szabványok

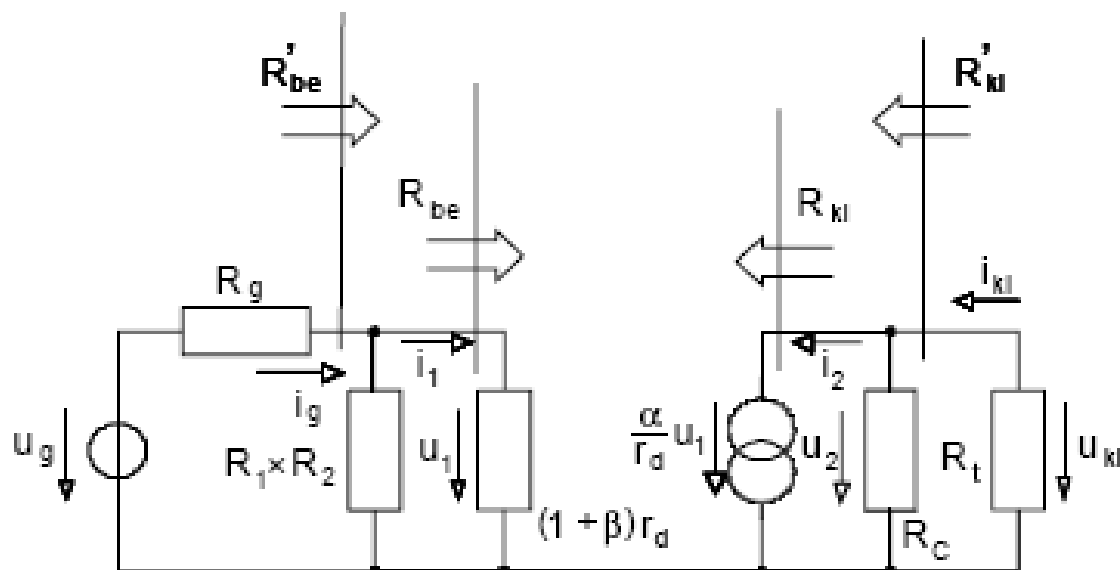
IEC 115-1 , IEC 68

Megjelölés

Színjelzés , vagy felirat .

3. Ismertesse a földelt emitteres erősítő feszültségerősítésének különböző pontosságú-, valamint a bemenő-ellenállásának a számítási módszereit!
4. Ismertesse a "véletlenszerűen" összerakott földelt emitteres erősítők számításának módszerét!





A helyettesítéskor a bipoláris tranzisztor elemi fizikai Π -modelljét használtuk fel. A fokozat tulajdonságait a kisjelű helyettesítő kép analízisével lehet meghatározni. A kisjelű helyettesítő kép egy egyszerű lineáris hálózat, amely bármilyen hálózatanalízis módszer segítségével elemezhető.

A kapcsolás kimeneti feszültségét a kollektor oldali vezérelt áramgenerátor árama hozza létre az R_t és R_C ellenállások párhuzamos eredőjén, ezért az alapkapsolás feszültségérsítésére az

$$A_u = \frac{u_{kl}}{u_1} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{-\frac{\alpha u_1}{r_d} (R_C \times R_t)}{u_1} = -\alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d},$$

az alapkapsolás áramerősítésére az

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} = \frac{\frac{\alpha u_1}{r_d}}{\frac{u_1}{(1+\beta)r_d}} = \alpha(1+\beta) = \beta,$$

kifejezést kapjuk, mivel ez a kollektoráram és a bázisáram hányadosa. Az alapkapsolás bemeneti ellenállása

$$R_{be} = \frac{u_1}{i_1} = \frac{u_1}{\frac{u_1}{(1+\beta)r_d}} = (1+\beta)r_d,$$

és az alapkapsolás kimeneti ellenállása

$$R_{kl} = \infty.$$

A feszültségerősítés és áramerősítés szorzatának az abszolút értéke definíciószerűen az alapkapsolás G teljesítményerősítése, ami esetünkben a

$$G = |A_u A_i| = \left| \frac{u_2}{u_1} \frac{i_2}{i_1} \right| = \alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d} \beta$$

kifejezéssel adható meg.

Ugyanezeket a paramétereket a teljes fokozatra is ki tudjuk számolni, azaz meg tudjuk adni a fokozat feszültségerősítését:

$$A'_u = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{u_2}{u_1} = A_u = -\alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d},$$

áramerősítését:

$$A'_i = \frac{i_{ki}}{i_g} = \frac{i_{ki}}{i_2} \frac{i_2}{i_1} \frac{i_1}{i_g} = \frac{R_C}{R_C + R_t} \beta \frac{R_1 \times R_2}{(1 + \beta)r_d + (R_1 \times R_2)},$$

mivel

$$\frac{i_{ki}}{i_2} = \frac{R_C}{R_C + R_t},$$

és

$$\frac{i_1}{i_g} = \frac{R_1 \times R_2}{(1 + \beta)r_d + (R_1 \times R_2)}$$

a kimeneti és bemeneti áramosztó áramosztási tényezője.

A fokozat bemeneti ellenállását az

$$R'_{be} = \frac{u_1}{i_g} = ((1 + \beta)r_d) \times (R_1 \times R_2),$$

kimeneti ellenállását az

$$R'_{ki} = R_C,$$

és teljesítményerősítését a

$$G' = |A'_u A'_i| = \left| \frac{u_{ki}}{u_1} \frac{i_{ki}}{i_1} \right|.$$

kifejezéssel számolhatjuk.

A fokozat teljes erősítése a generátor belső feszültségétől a kimenetig az

$$A_{ug} = \frac{u_{ki}}{u_g} = A_u \frac{R'_{be}}{R_g + R'_{be}} = -\alpha \frac{R_C \times R_t}{r_d} \frac{R'_{be}}{R_g + R'_{be}}$$

kifejezés segítségével határozható meg, mivel a generátor feszültsége először leosztódik a fokozat bemeneti ellenállása és a generátorellenállás között, majd az így létrejött u_1 feszültséget a fokozat A_u erősítéssel juttatja el a kimenetre.

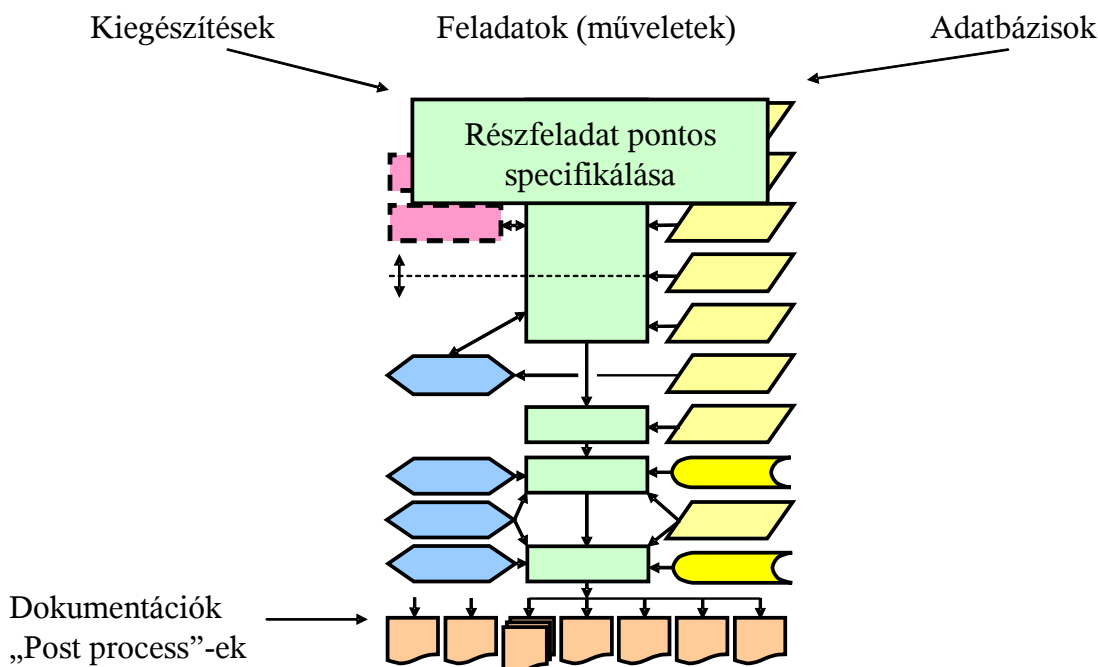
- Összefoglalva a földelt emitteres alapkapsolás tulajdonságai a következők:
- Az alapkapsolás fázist fordít (a feszültségerősítés előjele negatív),
- A feszültségerősítése nagy,
- Az áramerősítése nagy,
- A bemeneti ellenállása közepes értékű,
- A kimeneti ellenállása végtelen.

5. Ismertesse a **moduláramkör** számítógéppel segített tervezésének blokkvázlatát!

CAD Moduláramkör számítógéppel segített tervezése **Tananyag**

A bonyolult gráfot alakítsuk „lineáris” modellé:

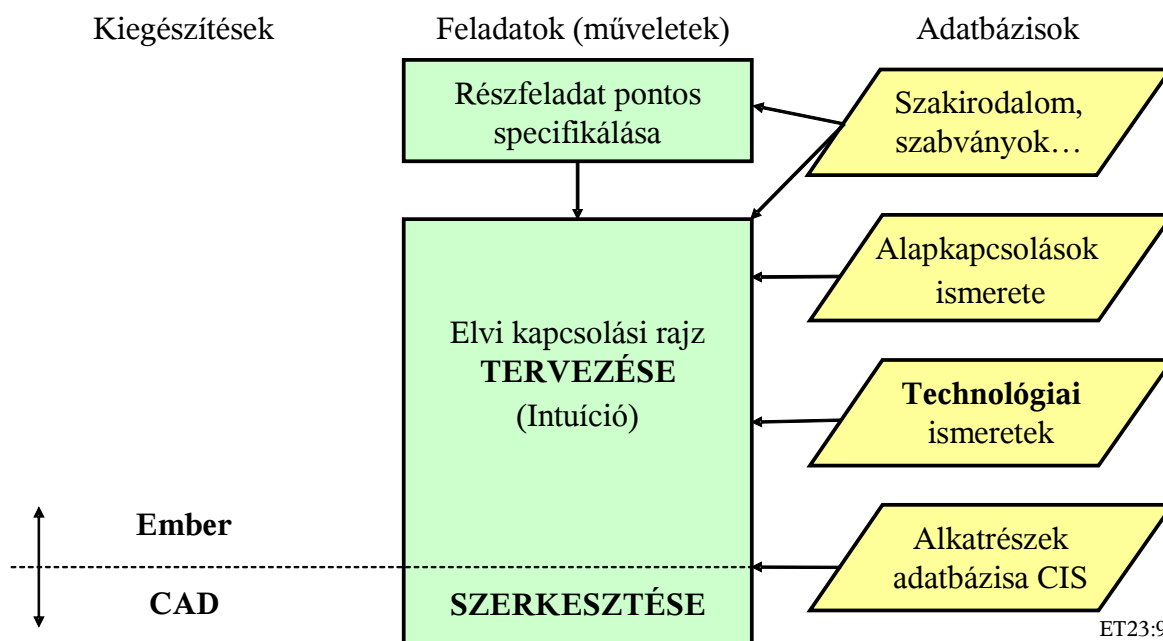
A feladat-megoldás itt is a pontos specifikációval kezdődik.



ET23:8

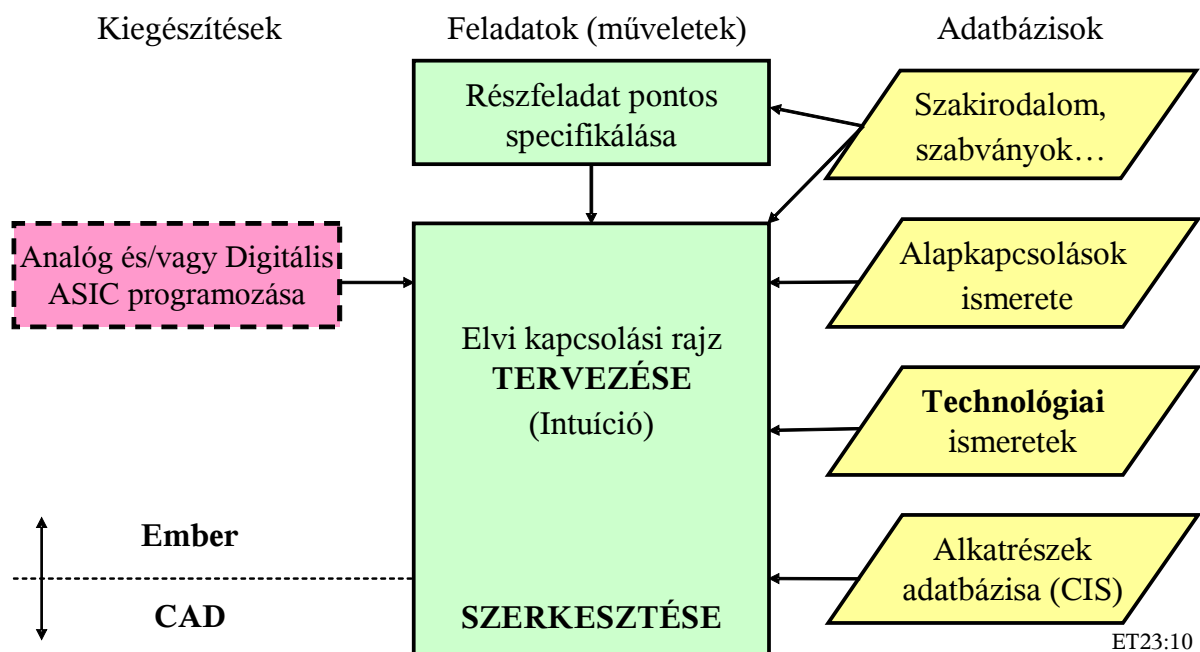
CAD Moduláramkör számítógéppel segített tervezése **Tananyag**

Az elvi kapcsolási rajz TERVEZÉSE a **mérnök** feladata: A szakirodalomból és az eddigi áramköri alapismereteiből kiindulva megvalósítási alternatívákat keres. Ehhez ismernie kell a cég meglévő technológiáit, ezek fejlesztési, bővítési lehetőségeit. Az alkatrész kiválasztását segíti az adatbázis és a Component Information System.



ET23:9

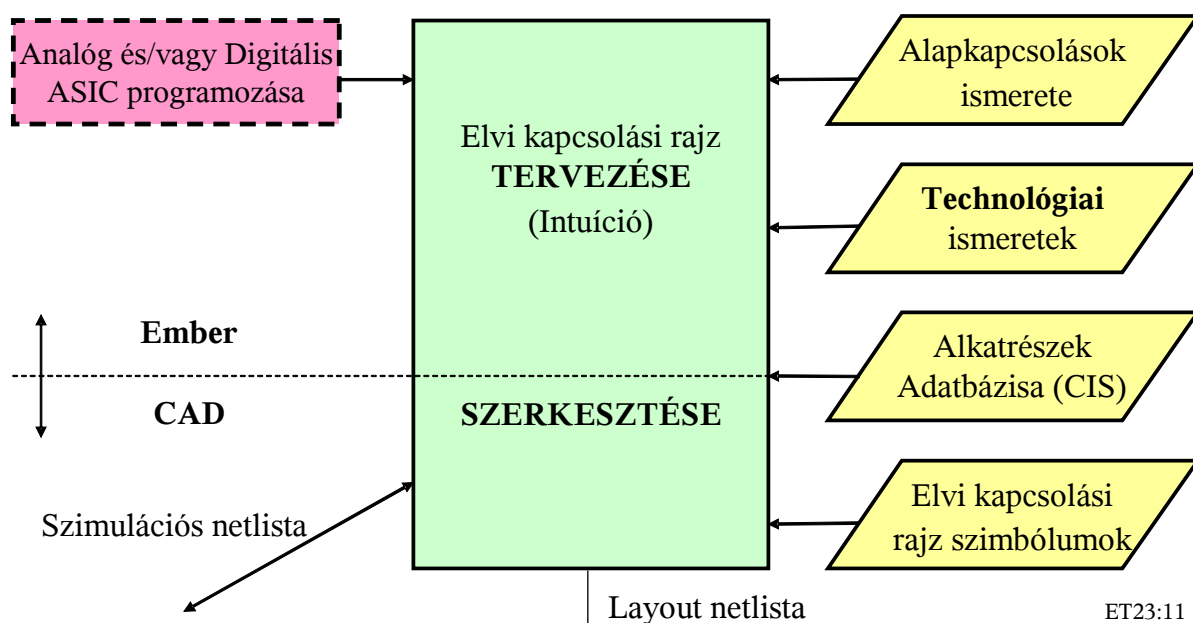
Ma már bizonyos analóg és digitális részfeladatok is megoldhatók Berendezés Orientált Áramkörökkel (BOÁK, angolul Application Specific Integrated Circuit).



AZ ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉSét az ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZIMBÓLUMOK könyvtárai támogatják.

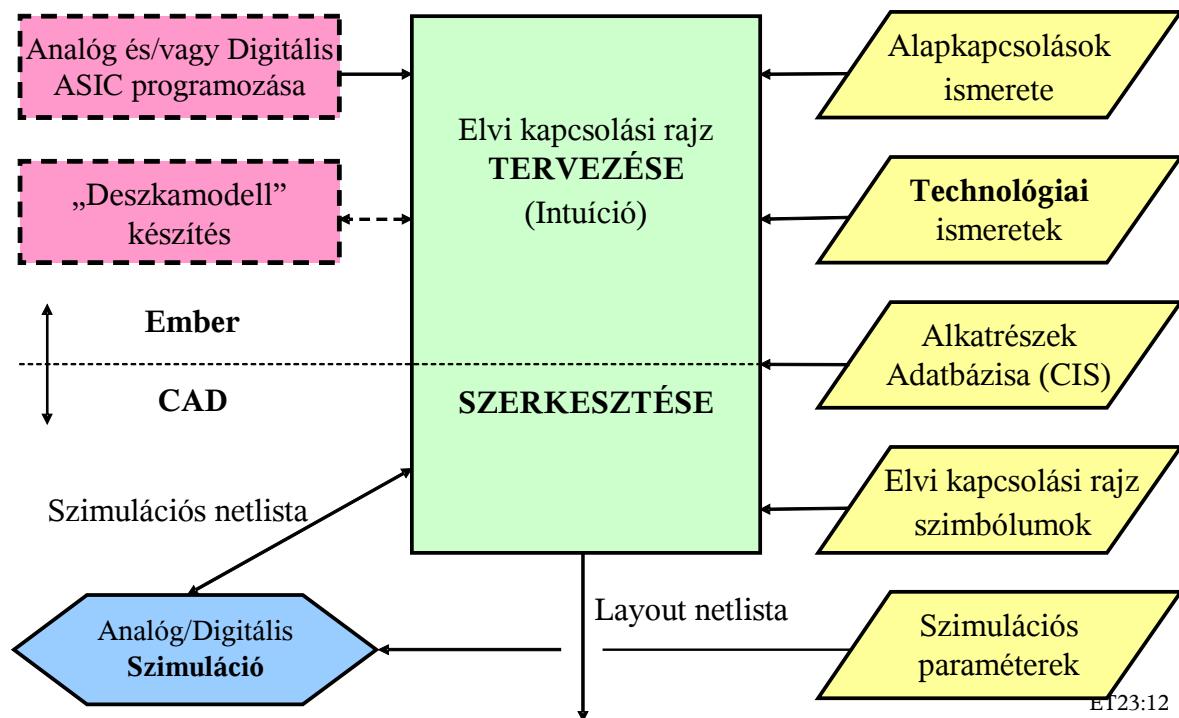
A szerkesztés eredményeként állnak elő: az összekötési (net) listák a szimulátor és a layout tervezők számára,

továbbá a **kapcsolási rajz** és az **alkatrészlista** (lásd a DOKUMENTÁCIÓK-nál!)



DESZKAMODELL vagy SZIMULÁCIÓ ?

A szimuláció „jószágát” a modellparaméterek száma és „pontossága” határozza meg.



DESZKAMODELL - SZIMULÁCIÓ (Előnyök - hátrányok)

A kiválasztott alkatrészekből (esetleg azokhoz hasonlóakból) készített deszkamodellen végzett mérések segíthetnek a működés ellenőrzéséhez, az esetleges pontosítások, módosítások megtételéhez, majd a legmegfelelőbb verzió kiválasztásához. A DESZKAMODELL KÉSZÍTÉS

- ELŐNYE: bizonyos működési rendellenességek pl. a „reteszelőzés”, vagy a nemlinearitás („telítődés”) biztos kimutatása,
- HÁTRÁNYA: pl. a deszkamodell és a majdani valóságos áramkör szórt paramétereinek lényeges eltérése megváltoztathatja az áramkör működését.

Vagyis az EMBER tervez!

Innen kezdve, **a szabályokat betartva:**

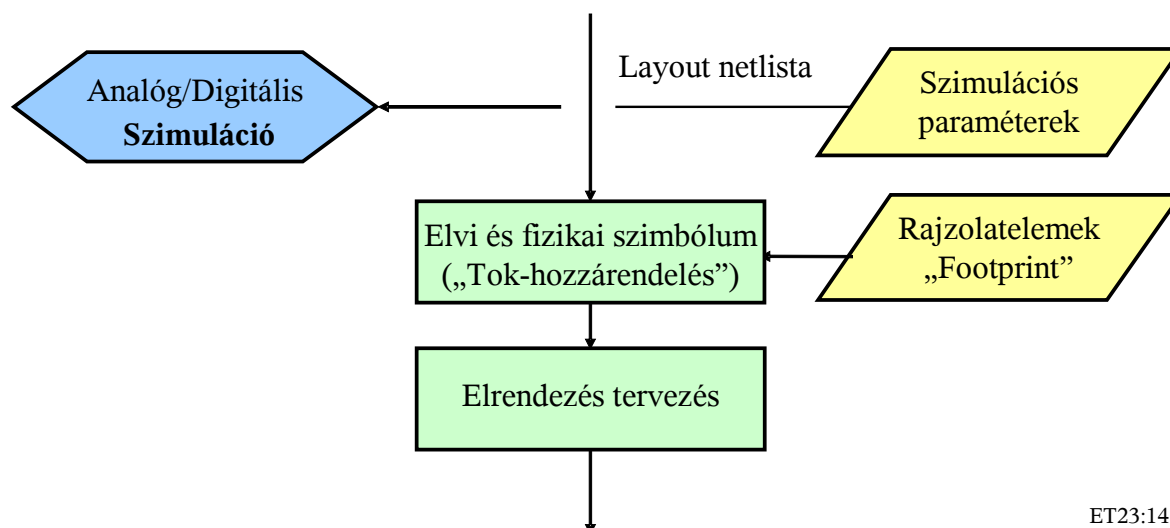
- sokkal gyorsabban,
- olcsóbban,
- kényelmesebben, és ami a legfontosabb
- megbízhatóan: **HIBA és /vagy TÉVESZTÉS-mentesen**

folytatódhat a Számítógéppel **SEGÍTETT** Tervezés (Computer Aided Design).

Az ELVI ÉS FIZIKAI SZIMBÓLUM ÖSSZERENDELÉS („Tok-hozzárendelés” során) lesz pl. az „nnp” tranzisztorból „SOT 23”-as tokozású eszköz. Ehhez használjuk a RAJZOLATELEMEK („Footprint”) KÖNYVTÁRÁT.

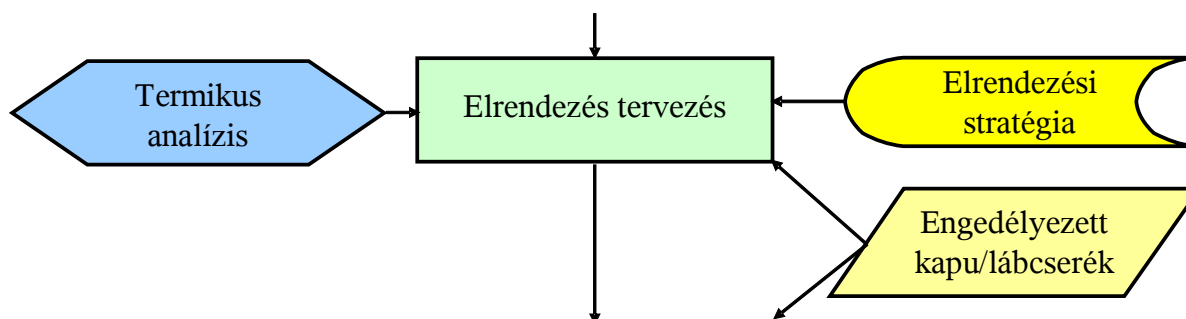
Kezdődhet az ELRENDEZÉS TERVEZÉS

A jó alkatrész-elrendezés a huzalozhatóság legfontosabb feltétele.



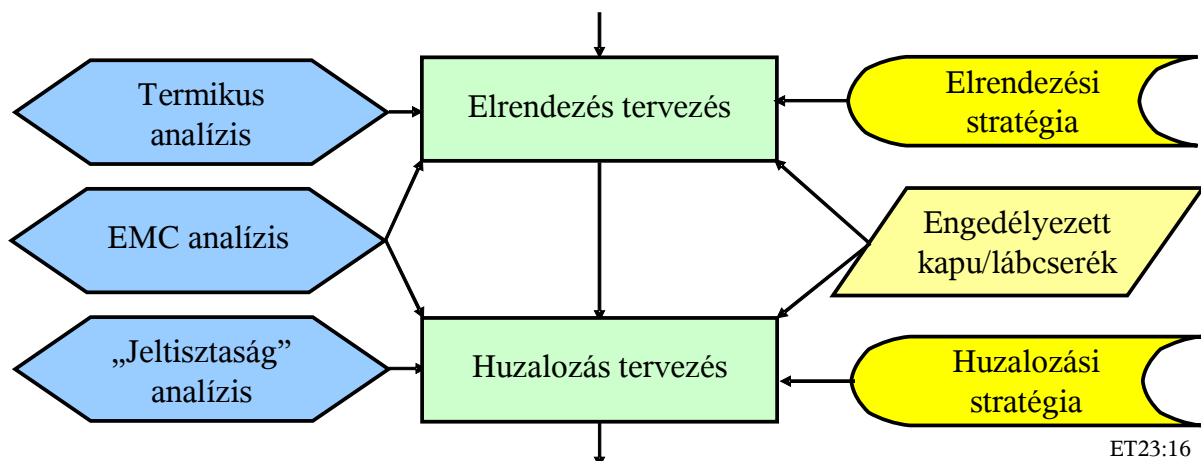
ET23:14

Az ELRENDEZÉS TERVEZÉSt az „ELRENDEZÉSI STRATÉGIA” irányítja. Ekkor csak alkatrész-kontúrok és pont-pont közötti összeköttetések („Connection”) látszanak. A különböző „tokokban” elhelyezkedő azonos funkciót ellátó áramkörök, vagy kivezetések cseréje egyszerűsítheti majd a huzalozást. Az ENGEDÉLYEZETT KAPU ÉS LÁBCSERÉK KÖNYVTÁRa tartalmazza az ehhez szükséges információkat. A hőmérséklet-érzékeny áramköri részeket nem szabad a nagy disszipációjú (és emiatt magas hőmérsékleten üzemelő) alkatrészek mellé helyezni. A panelon a hőmérséklet-eloszlást („ekvitermikus” vonalakkal vagy színekkel) a TERMIKUS ANALÍZIS programmal lehet szimulálni.



ET23:15

A HUZALOZÁS TERVEZÉS szintén különböző STRATÉGIÁKKAL végezhető. Ezek különböző rétegeken, területeken, algoritmusokkal, futtatási-fázis számmal működhetnek. (Kapu és lábcseré ebben a fázisban itt lehetséges).
 A későbbi hibamentes működést további programok segíthetik:
 Az elektromágneses zavarok hatása és keltése az EMC (Electro Magnetic Compatibility) ANALÍZIS,
 a jel-terjedési sebességek, áthallás, stb. hatásai a „JEL-TISZTASÁG” ANALÍZIS programokkal vizsgálható.

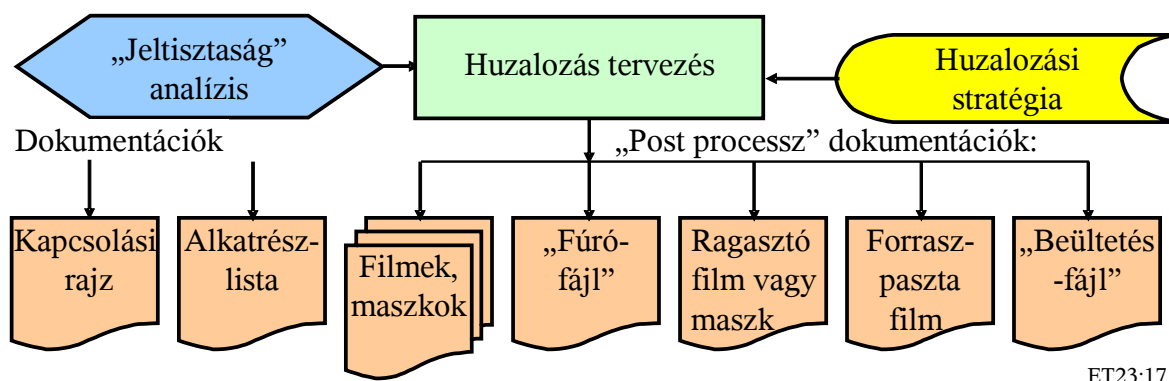


Dokumentációk:

Az ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTŐ kimenetei

„Post processz” dokumentációk:

- Alkatrész- és forrasztásoldali; rajzolatok és „sziták”
- NC Fúrógép vezérlés
- Az SM alkatrészek koordinátái
- Az SM alkatrészek „forrszemei”
- Az alkatrészek koordinátái



6. Ismertesse az elvi kapcsolási rajz szerkesztésének menetét!
CAD Az elvi kapcsolási rajz szerkesztése

Tananyag

Miért jó a kapcsolási rajz **számítógéppel segített SZERKESZTÉSE**?

Mert számos hatékony eszközzel segíti a munkát:

„Intelligens” ceruza és radír:

Könnyű a rajzlapon „beszúrní” vagy „kivágni” függőleges vagy vízszintes területeket.

Könnyű az ismétlődő alakzatok (kapcsolási rajz részletek) megrajzolása (blokkmásolás).

A javítások, változások „átvezetése” **automatikusan** megvalósítható, a kapcsolási rajz **újrarajzolása** egyszerű.

A kimeneti dokumentációk elkészítése automatikusan történik.

CAD Az elvi kapcsolási rajz szerkesztése

ETŰÉ:1

Tananyag

A SZERKESZTÉS részfeladatai:

- **szimbólumok keresése** (könyvtárszerkezet, fájlok),
- **strukturálás**,
- (először csak) az alkatrész-szimbólumok **felhelyezése** (és) szerkesztése,
- **összeköttetések** létesítése,
- az **alkatrészek** adatainak (**attribútumok**) szerkesztése,
- **egyéb információk** elhelyezése, szerkesztése,
- **kimeneti dokumentációk** készítése.

ETŰÉ:2

A tartalomjegyzékben (Index) alkatrészcsoporthoz funkciók szerint kereshetünk.

CAD

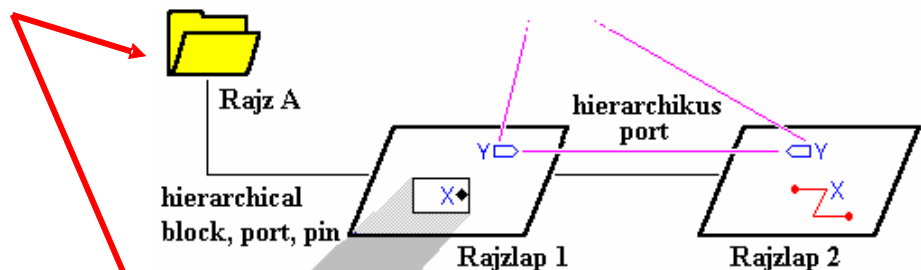
Az elvi kapcsolási rajz: „stuktúrálása”

Tananyag

A szerkesztés a rajzlap(ok) számának és méreteinek „becslésével” kezdődik:

Ha egy rajzlapon nem fér el:

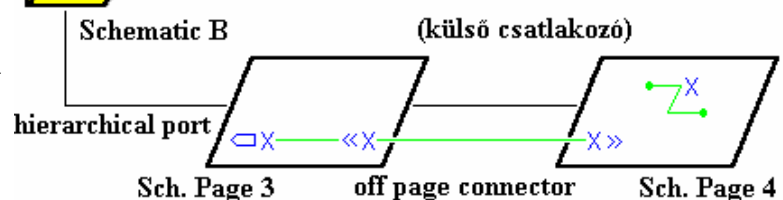
több rajzlap kell.



A hierarchikus rajzrendszer szemléltetése

Ha több egyforma egység van:

- megoldható blokkokkal, vagy
- hierarchikus rajzrendszerrel (hasonló mint a szubrutin)



ETYÉ:V

Mikor kell a szimbólumot szerkeszteni vagy újat készíteni?

- ha nem megfelelő,
- ha nem találjuk a könyvtárakban (fájlokban),
- ha speciális alkatrész szimbólumot akarunk használni.

Minden esetben célszerű egy meglévő szimbólumból rajzolatból kiindulni!

Egy fázisban tetszőleges számú szimbólum felhelyezhető, de célszerű funkcionális egységre bontva végezni a rajzszerkesztést.

A kimeneti dokumentációk:

- kapcsolási rajz,
- .net (netlista a szimulációhoz), amely tartalmazza az:
 - alkatrészlistát,
 - az összekötés listát,
 - a szimulációhoz szükséges generátor beállításokat.
- .mnl (netlista a layouthoz), amely tartalmazza az:
 - alkatrész rajzolat (Footprint) neveket,
 - tokozás neveket,
 - alkatrész neveket (refdes=reference designator),
 - összeköttetés, csomópont (=net) neveket,
 - alkatrész kivezetéseket minden csomópontához, és
 - egyéb alkatrész jellemzőket.
- .bom=bill of materials (alkatrészlista).

Keresés az interneten. Keresés a lokális könyvtárszerkezetben. Keresés az adatfájlokban, a kiválasztás segítése (az alkatrész adatok táblázatos megjelenítése, internetes link). A kiválasztott alkatrész

- kapcsolási rajz szimbólumának, - layout szimbólumának, és - adatainak (raktározás, ár) megjelenítése.

7. Ismertesse a kapcsolási rajz szimulációjának lehetőségeit! Ismertesse a Nyomtatott Huzalozású lemez rétegszerkezetét!

A szimuláció lehetőségei, fajtái:

- Analóg áramkörök szimulációja, amelynek részei:
 - Egyenáramú analízis. (Nemlineáris, munkapont számítás.)
 - Munkaponti (paraméter) érzékenység analízis. (Valamely tartományon belül változó paraméter hatása.)
 - Tranziens szimuláció.
 - Hőmérséklet-függés.
 - Monte-Carlo/Worst Case. (Véletlenszám generátoros/a legrosszabb eset vizsgálata.)
 - AC/Noise. (Bode-diagram/Zaj analízis.)
- Digitális szimuláció:
 - Funkcionális szimuláció, a működés ellenőrzésére.
 - Időzítéses (Worst Case timing) szimuláció, pl. a hazardok felderítésére.
- Mixed (Analóg és Digitális) szimuláció.

A felhasznált tervezési rétegek száma

- 1 („egyoldalas”),
- 2 („kétoldalas”), Két oldalon minden feladat megoldható, csak a méret?
- 4 („négyrétegű”),
- „többrétegű”

Rétegszerkezet rajz (réz+prepregék)

Rétegszerkezet:

- VCC
- GND
- belső rétegek
- huzalozási rétegek
- fúrás
- dokumentációs
- forrasztásgátló
- szita
- forraszpaszta
- beültetési koordináta

Ismertesse a layout szerkesztés menetét! Ismertesse a kimeneti dokumentációk fajtáit, felépítését!

Menete:

1. Padstack készítés

Alakja, mérete, benne levő furat mérete. Azonosítója.

Padstack méret és luk méret nem egyenlő.

Furatot nagyobbra vesszük, mert galvanizáláskor csökken az átmérő

2. Alkatrész footprint készítése

Részei:

- Név
- Mértékegység
- Padstack adatok (szám, azonosító, koordináták, fajta)
- Outline
- Azonosító
- Tokozás
- Érték

3. Tok hozzárendelése

Elvi és fizikai szimbólumok összerendelése, kiválasztjuk a Layoutban, melyik kell, majd ezt megadjuk az alkatrész tulajdonságai között tokozásnak.

Netlistagenerálás véglegesíti ezt a lépést.

4. Elrendezés tervezése

Lehet automatikus, ekkor van vezérlőstratégia.

Kézi felrakás: pont-pont összeköttetések vannak. Hisztogramok segítik a felrakást.

5. Huzalozás

Kézi, interaktív vagy automatikus, stratégiákkal. DRC-vel ellenőrizhető.

Viaminimalizálás, push&shove csinálhat még helyet a többi madzagnak.

6. Dokumentáció elkészítése

- Kapcsolási rajz
- Alkatrészlista
- Maszkok
- Fúrófájl
- Ragasztófilm
- Forraszpasztafilm
- Beültetési fájl

Gyártófilmek gerberben (koordináták, apertúra kódok, alakok stb)

Fúró: koordináták, fúró szerszámtároló koordinátái

9. Gyárthatóságra, szerelhetőségre, tesztelhetőségre való tervezés, költséghatékonyság

DfF (fabrication):

- topológia ellenőrzése gyártás egyszerűsége vagy megvalósíthatóság szempontjából (minél olcsóbban)
- legyen elég távolság a huzalpályák között
- fémezett furatnál fúrás pontatlanságát figyelembe kell venni
- GND és VCC réteg közötti távolság legyen nagy
- nagy fémfelületre hidakkal csatlakozunk
- lötstopp ablaka nagyobb, mint a kontaktus, de minél kevesebb huzal lógjon ki alóla
- pozícióábra ne lógjon kontaktusba vagy viákba
- szél és rajzolat közti távolság minimum 3mm
- súlyozás középére

DfA (assembly):

- funkciók integrálásával alkatrészek számának csökkentése
- IC-ket nem temetünk el
- alkatrészek közé elég táv, hogy beültethető legyen, és hogy ne legyen rövidzár
- alkatrész ne legyen a hordozó szélén
- minél több fiduciális jel
- polaritásos alkatrészek álljanak egy irányba

DfT (testability):

- cél az olcsó és egyszerű ellenőrzés
- összes mérőpont elérhető legyen ICT-tűvel, a felülete legyen elég nagy hozzá
- fontos jelvezetékek legyenek mérőponttal ellátva, vagy legyen rá kivezetve
- önellenőrzési és öndiagnosztikai funkciók beépítve
- szabványos csatlakozók

DfLC (low cost):

- kevés kézi művelet
- egyszerű topológia, sok SM alkatrész
- szabványos alkatrészek alkalmazása
- minél több alkatrész mutasson egy irányba
- árat meghatározza, hány szerelési ciklusból áll a termék (SM, THM, SM+THM, hány oldala van, hányfajta forrasztást használunk)

10. Ismertesse az áramköri topológiák tervezési irányelveit (mérőpontok, pozicionálást segítő pontok, szerelést segítő furatok)!

Mérőpontok:

- $d > 0.63\text{mm}$, szabvány szerint kör alakú és $d > 1\text{mm}$
- ha négyzet, akkor $a > 0.9\text{mm}$
- a mérőpont tartalmazhat viát
- ne takarja lakk
- rézrétegre kell szerkeszteni, mintha rajzolat lenne

Pozicionálást segítő ábrák:

- szerelés fázisaiban pontosan el lehessen helyezni a hordozót, belőni a koordináta-tengelyt
- segédábrák a rézrétegre
- ne legyen lakkos
- globális és lokális segédábrák:
 - lokális:
 - raszterosztás kisebb, mint 0.63mm , akkor kell
 - két sarokban egy-egy ábra
 - $d > 1\text{mm}$
 - globális:
 - három db. ajánlott távoli pontokon
 - minden oldalra
 - széltől való távolság $> 5\text{mm}$
 - $3\text{mm} > d > 1\text{mm}$

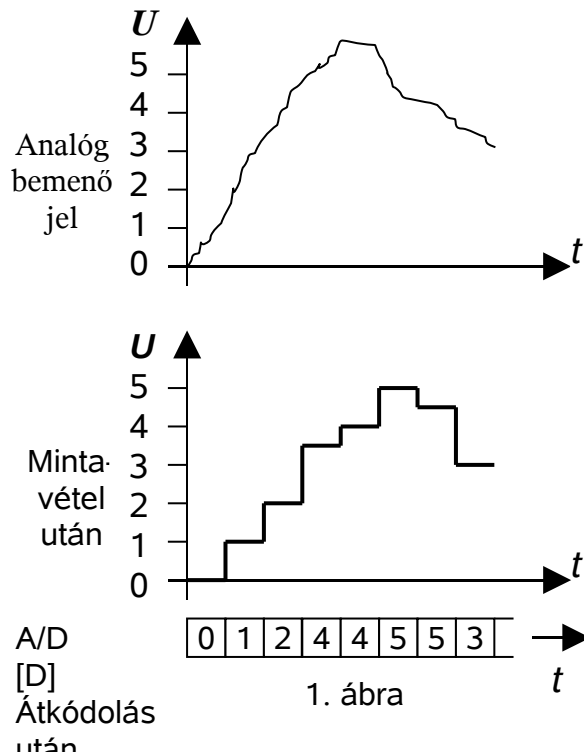
Szerelést segítő furatok:

- nem fémezettek, szereléskor tartják a hordozót
- minimum kettő darab átellenesen
- szabvány 2.4mm , 2.8mm , 3.2mm
- globális pozicionálást segítő ábrákkal megegyező rácsponton lehetnek

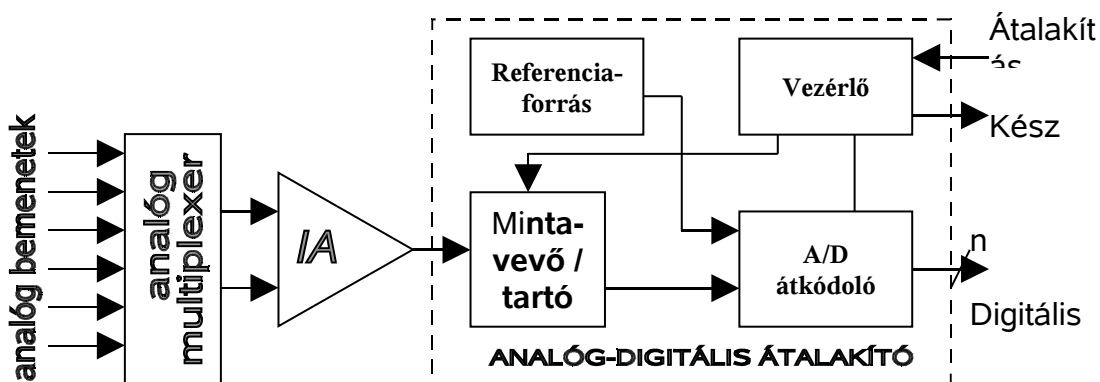
11. Ismertesse az A/D és D/A konverterek karakterisztikáját, hibáit!

Analóg – digitális átalakítók

Az analóg–digitális átalakítás során az amplitúdóban és időben folytonos jelből mind időben, mind amplitúdóban diszkrét jelet (diszkrét értékek sorozatát) állítunk elő. (1. ábra)



Az időtartománybeli diszkrétizálást mintavételezésnek, az amplitúdótartománybeli kvantálásnak nevezzük. Az átalakítók az analóg jelet rendszerint először időben diszkrétizálják egy mintavevő-tartó áramkörrel. A mintavett jel ezután egy analóg–digitális átkódoló egységre kerül, mely a bemenetére adott amplitúdónak megfelelő digitális jelet (számkódot, adatot) ad a kimenetén (2. ábra), miközben az amplitúdót egy referencia-értékhez viszonyítja.

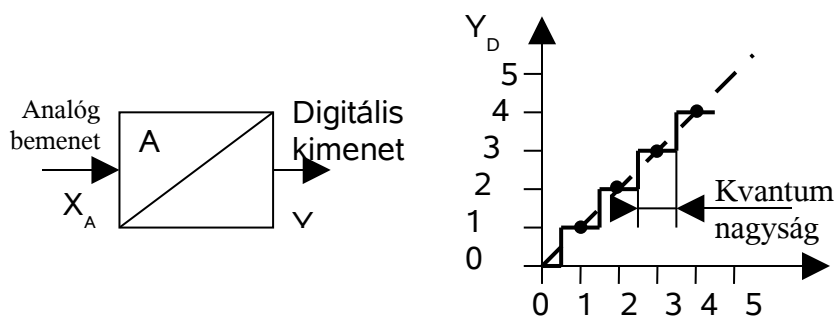


2. ábra

Az elmondottaknak megfelelően az A/D átalakító mintavevő és kvantáló (átkódoló) funkciót is megvalósít, ezért ha csak amplitúdó-kvantálás a feladat, megkülönböztetésül A/D átkódolóról beszélünk.

Átalakítási karakterisztika:

Az A/D átalakító az analóg bemenő jel egy-egy kis résztartományához egy-egy digitális értéket rendel (3. ábra).



3. ábra

A résztartományok határai az ún. átváltási vagy komparálási szintek. A résztartományok közepe a névleges kvantálási szint. A résztartományok szélessége, az átváltási szintek közti távolság a kvantumnagyság. Átalakítási karakterisztikának a névleges kvantálási szinteknek megfelelő pontokra simuló görbét tekintjük. Az átalakítók konverziós karakterisztikája általában lineáris. (Speciális alkalmazásokra – pl.: PCM átviteltechnika – készítenek logaritmikus karakterisztikájú átalakítókat is.)

Kvantálási hiba:

A kvantálási hiba a kvantálásból szükségszerűen eredő bizonytalanság, mely a kvantumnagyság felével egyenlő. Lineáris A/D átalakító esetében a kvantálási hiba nem függ a bemenő jel amplitúdójától, mert a kvantumnagyság végig 1 LSB (Least Significant Bit) nagyságú. Az LSB itt a legkisebb helyi értékű bit változásához tartozó kvantálási szintkülönbséget jelöli. Egy n bites, bináris kódolású átalakító esetében $LSB = FS/2^n$.

Felbontóképesség:

A felbontóképesség az a legkisebb analóg jelváltozás, ami az A/D átalakítóval még megkülönböztethető. Elvileg a felbontóképesség megegyezik a kvantumnagysággal.

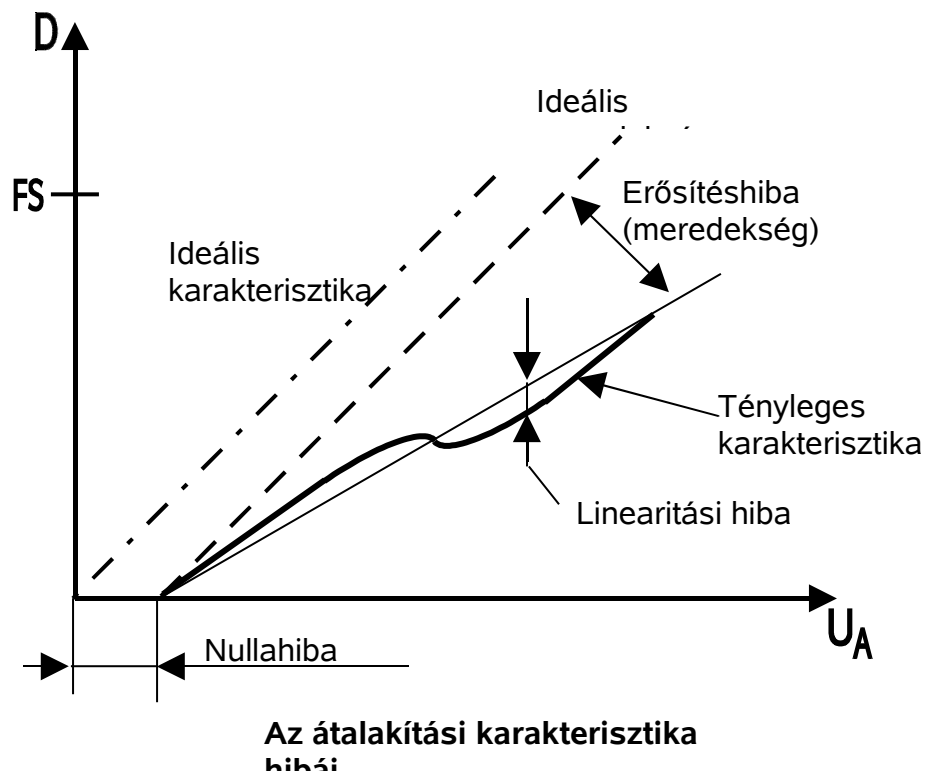
Az átalakítási karakterisztika hibái:

A *linearitási hiba* (pontosabban az integrális linearitási hiba) a valódi átalakítási karakterisztika maximális eltérése a referencia-egyenestől. Referenciavonalként a tényleges karakterisztika két végpontját összekötő egyenest alkalmazzák. A linearitási hibát gyakorlati okokból a kvantálási szinteknél értelmezik, és a bemenetre vonatkoztatva adják meg.

A *differentiális linearitási hiba* az átalakítási karakterisztika meredekségének legnagyobb eltérése a referenciegyenes meredekségétől.

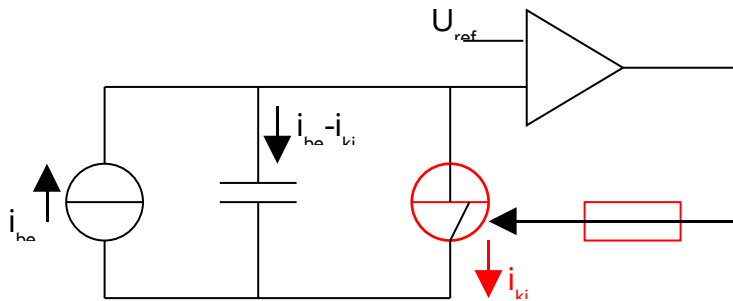
Az *erősítési hiba*, más néven a konverziós együttható hibája az ideális és a tényleges átviteli karakterisztika kezdeti és végpontjait összekötő egyenesek meredekségének különbsége.

Nullhiba a bemenő jel azon értéke, melynek hatására az átalakító a nulla digitális értéket adja. (Pontosabban a nulla digitális értékhez tartozó tényleges kvantálási szint eltérése a nullától.) (4. ábra)



12. Ismertesse a feszültség-frekvencia konverter (UFC) működési elvét, felépítését!

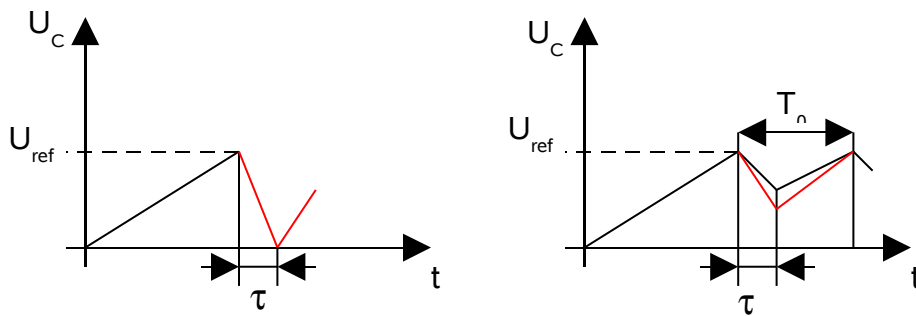
13. Ismertesse a feszültség-frekvencia konverter (UFC) kapcsolási rajzát!



Működése:

- i_{be} tölti a kondenzátort, aminek a feszültsége nő
- Ha a komparátoron a bemenő fesz nagyobb a referenciánál, egy one-shot monostabil multivibrátor jelet küld, ami:
 - kisüti a kondit, ha $i_{ki}=0$ (áramgen helyett kapcsoló); bal ábra
 - a one-shot tau idejéig csökken a fesz, aztán megint nő (jobb ábra)

Minél nagyobb a töltőáram, annál gyorsabb a folyamat, vagyis a frekvencia ettől függ.



$$U_c = \frac{1}{C} \int_0^T i_{be} dt ???$$

$$\frac{1}{C} \int_0^\tau (-i_{ki}) dt + \frac{1}{C} \int_\tau^{T_0} i_{be} dt = 0$$

amiből (T_0 hosszú ideig mérve, de n -szer áramot kivéve):

$$\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_{be} dt = \frac{n}{T_0} \int_0^\tau i_{ki} dt = \frac{i_{ki} n \cdot \tau}{T_0} \Rightarrow \frac{n}{T_0} = \frac{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} i_{be} dt}{I_{ki} \tau}, \text{ ahol } \frac{n}{T_0} = \text{frekv.}$$

13. Ismertesse a feszültség-frekvencia konverter (UFC) kapcsolási rajzát!

14. Ismertesse az UFC technológiáját, az egyes alkatrészekkel szemben támasztott követelményeket, az általuk okozott hibákat!

τ időzítés megvalósítása:

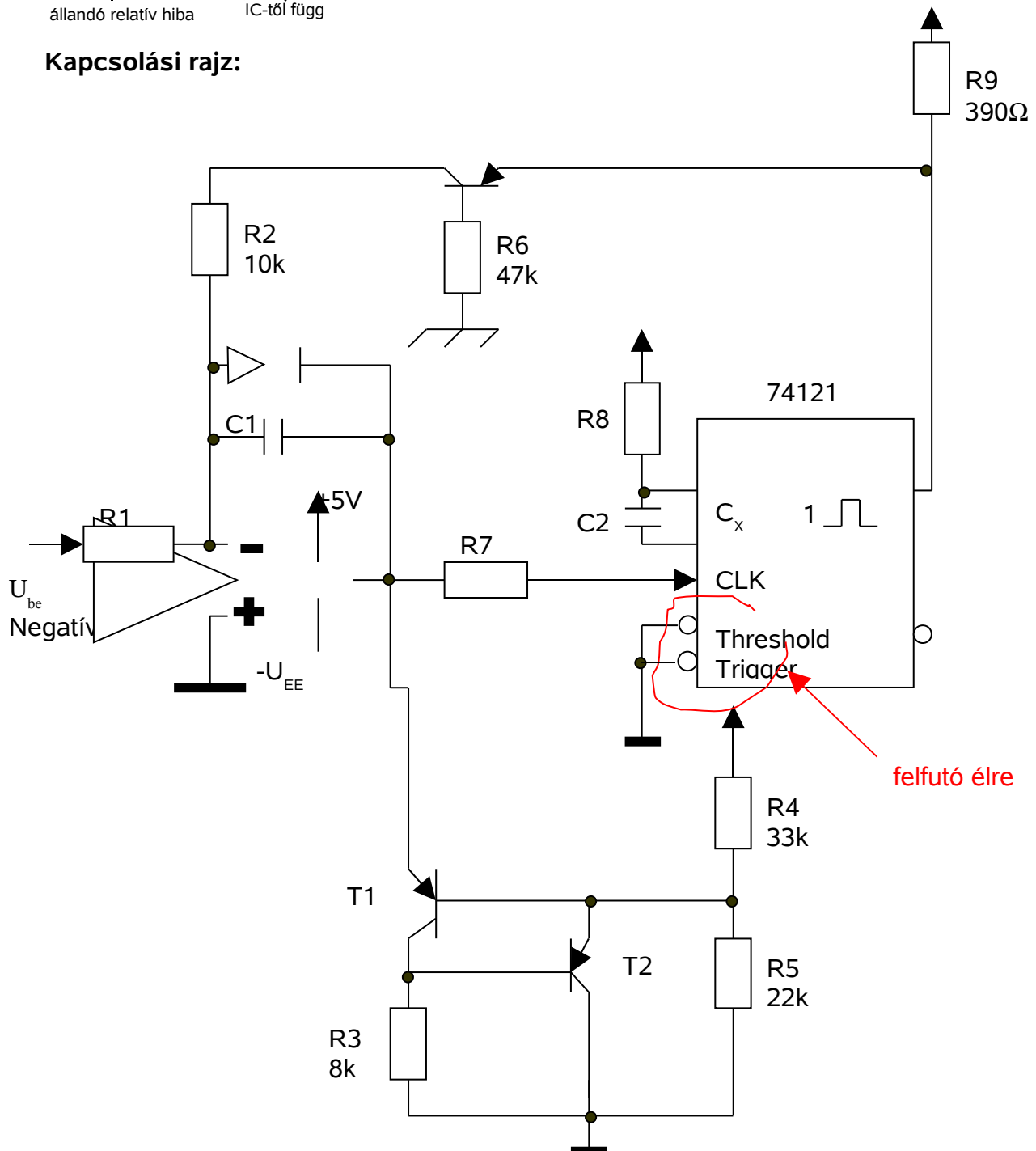
Impulzusszélesség:

$$t_w = 0,7 R_8 C_2$$

↑
állandó relatív hiba

↑
IC-től függ

Kapcsolási rajz:



Technológiai követelmények:

- R8: hosszúidejű stabilitás → fémréteg ellenállás (hőmérsékletfüggés kicsi legyen)
- C2: nem lehet kerámia vagy elektrolit kondenzátor – nagyon nem stabilak
Schmitt-trigger küszöbfeszültsége is jelentősen változik (de ez mindegy, hiszen mindig ugyanott komparál, csak ez a szint legyen stabil) 1 mérési ciklusig
- R1 és R2 osztásaránya legyen állandó
- C1-re kritérium: rövididejű stabilitás
- az erősítőnek (komparátornak) lehet egy kis offset-je (pozitív v. negatív)
- negatív offset, kis negatív zavar → az erősítő kimenete negatívba vándorol
- a TTL bemenet ezt nem viseli el (van ugyan egy dióda, de az csak rövid impulzusok levágására képes); az R7 akadályozza meg a kondenzátorfeszültség lefelé vándorlását

16. Ismertesse a differenciálerősítő nagyjelű működését!

A diff. erősítő nagyjelű működése:

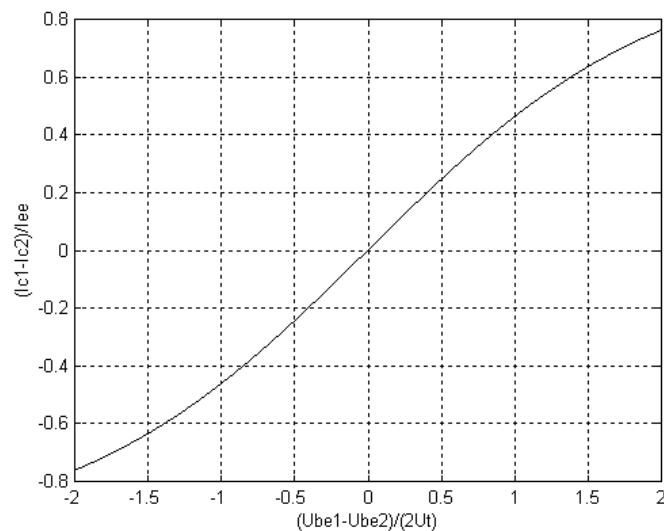
$$I_C = I_0 \cdot e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} ; \quad I_{C1} + I_{C2} \equiv I_{EE} ; \quad \frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{U_T}} ; \quad x = \frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{U_T}$$

$$I_{C1} + I_{C1} \cdot e^{-x} = I_{EE} \rightarrow I_{C1} = I_{EE} \frac{1}{1 + e^{-x}} = I_{EE} \frac{e^{x/2}}{e^{x/2} + e^{-x/2}}$$

$$I_{C2} \cdot e^x + I_{C2} = I_{EE} \rightarrow I_{C2} = I_{EE} \frac{1}{1 + e^x} = I_{EE} \frac{e^{-x/2}}{e^{-x/2} + e^{x/2}}$$

$$I_{C1} - I_{C2} = I_{EE} \frac{e^{x/2} - e^{-x/2}}{e^{x/2} + e^{-x/2}} \rightarrow \frac{I_{C1} - I_{C2}}{I_{EE}} = \text{th} \frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{2U_T}$$

A kapott eredmény ábrázolása:

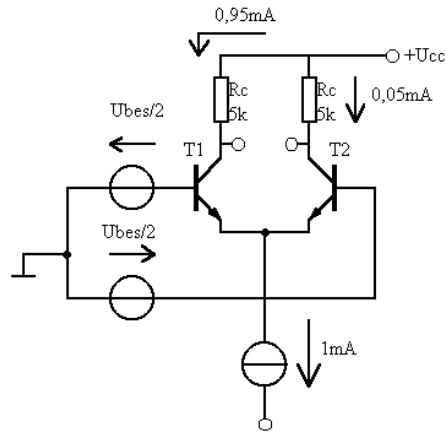


$$U_{Bemax} = \frac{U_{Kimax}}{A_{uss}} \Big|_{U_{Kimax} = U_{CC}/2} \Rightarrow U_{Bemax} = \frac{U_{CC}/2}{\frac{I_{EE}}{2U_T} \cdot \frac{U_{CC}/2}} = U_T$$

$$\Delta U_{Bemax} = 2U_T$$

Példa3. (AA11): a.) Mekkora szimmetrikus bemenőfeszültség szükséges az ábrán látható áramviszonyok beállításához?

b.) Milyen minimális tápfeszültséggel működik helyesen az áramkör a teljes kivezérlési tartományban?



$$\frac{I_1 - I_2}{I_{EE}} = \tanh \frac{U_{bes}}{2U_T} \rightarrow U_{bes} = 2U_T \operatorname{ar th} \frac{I_1 - I_2}{I_{EE}}$$

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{u - 1/u}{u + 1/u} = \frac{u^2 - 1}{u^2 + 1} = y \rightarrow u^2 - 1 = u^2 y + y \rightarrow u^2 = \frac{1+y}{1-y}$$

1. megoldás:

$$x = \ln u = 1/2 \ln \frac{1+y}{1-y} = 1/2 \ln \frac{1+0,9}{1-0,9} = 1/2 \ln 19$$

$$(y = \frac{0,95 - 0,05}{1}) \quad U_{bes} = 2U_T 1/2 \ln 19 = 26 \cdot 2,94 = 76,56 \text{ mV}$$

1. megoldás:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{e^{\frac{U_{BE1}}{U_T}}}{e^{\frac{U_{BE2}}{U_T}}} = e^{\frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{U_T}} = e^{\frac{U_{bes}}{U_T}} \rightarrow U_{bes} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} = 26 \ln \left(\frac{0,95}{0,05} \right) = 26 \ln 19 = 76,56 \text{ mV}$$

Minimális Ucc:

$$I_{1\max} = I_{2\max} = 1 \text{ mA}$$

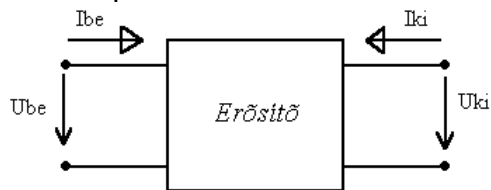
$$U_{C\min} \geq 0 \text{ V} \rightarrow U_{CC} = U_{C\min} + I_{\max} R_C = 0 + 1,5 \geq 5 \text{ V}$$

17. Ismertesse a négypólusok paramétereit!

Az erősítők olyan elektronikus áramkörök, amelyek a fogyasztó felé nagyobb teljesítményt képesek leadni, mint amekkorát a meghajtó hálózatról felvesznek. A legegyszerűbb esetben a meghajtó hálózatot helyettesítő generátor és a terhelés is egyik kapcsán földelt kétpólus. Ilyenkor aszimmetrikus erősítő kapcsolható közéjük

A meghajtó hálózat az erősítendő jelet sok esetben két, a földpotenciáltól eltérő potenciálú pont között szolgáltatja. Ilyenkor szimmetrikus erősítőt (más néven differencia- vagy differenciálerősítőt) kell alkalmaznunk, amely a földetlen bemeneti pontok közötti feszültséget erősíti. Az erősített feszültség vagy két földetlen kimeneti kapocs között jelenik meg a földpotenciálhoz viszonyítva szimmetrikusan, vagy egy földetlen és egy földelt kimeneti kapocs között aszimmetrikusan.

Erősítők paramétereit:



bemenő impedancia: $Z_{be} = \frac{U_{be}}{I_{be}}$

kimenő impedancia: $Z_{ki} = -\frac{U_{ki}}{I_{ki}}$

feszültségerősítés: $A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}};$

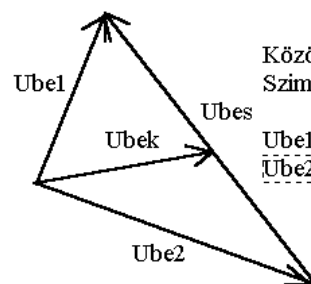
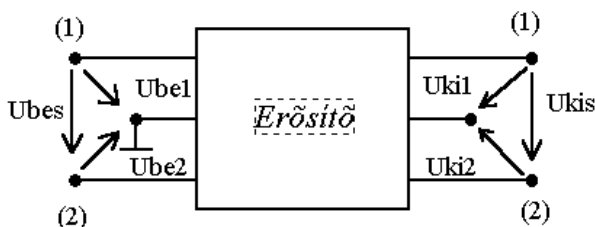
áramerősítés: $A_i = -\frac{I_{ki}}{I_{be}}$

teljesítményerősítés: $A_p = A_u \cdot A_i;$

Átviteli impedancia: $Z = U_{ki}/I_{be};$

Átviteli admittancia: $Y = I_{ki}/U_{be}$

Szimmetrikus erősítők:



Közös módusú feszültség: $U_{bek} = (U_{be1} + U_{be2})/2$

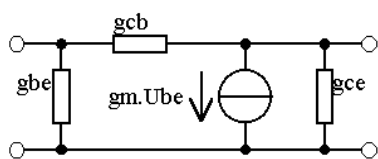
Szimmetrikus feszültség: $U_{bes} = U_{be1} - U_{be2}$

$U_{be1} = U_{bek} + (U_{bes}/2)$

$U_{be2} = U_{bek} - (U_{bes}/2)$

18. Ismertesse a tranzisztor helyettesítő képeit, az egyes paraméterek közötti összefüggéseket!

A földelt emitteres helyettesítőkép (g paraméterek):



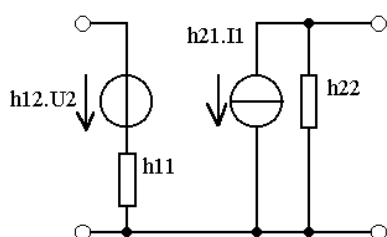
$$\frac{dI_E}{dU_{BE}} = I_0 \cdot e^{\frac{U_{BE}}{U_T}} \cdot \frac{1}{U_T} = \frac{I_E}{U_T} = g_m = \frac{1}{r_E} \quad \text{ahol } r_E \text{ a differenciális ellenállás } g_{be} = \frac{1}{(\beta+1)r_E}$$

$$; \quad g_{cb} = \mu \cdot g_{be} = \frac{\mu}{(1+\beta)r_E} \quad \text{ahol } \mu \text{ a feszültség-visszahatási tényező}$$

$$g_{ce} = \frac{I_{ki}}{U_{ki}} = \mu \cdot g_m = \mu \cdot \frac{I_E}{U_T} \quad U_A = \frac{U_T}{\mu} \quad (\text{Early feszültség})$$

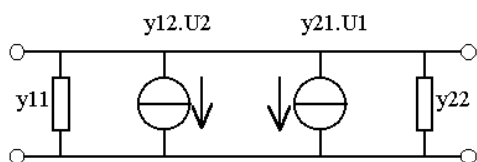
Az Early feszültség ábrázolása:

A tranzisztor h paraméteres helyettesítőképe:



$$\begin{aligned} U_1 &= h_{11} \cdot I_1 + h_{12} \cdot U_2 \\ I_2 &= h_{21} \cdot I_1 + h_{22} \cdot U_2 \end{aligned} \quad \text{ahol } h_{11} = \beta \frac{U_T}{I_E} ; \quad h_{12} = \mu ; \quad h_{21} = \beta ; \quad h_{22} = \frac{I_E}{U_A}$$

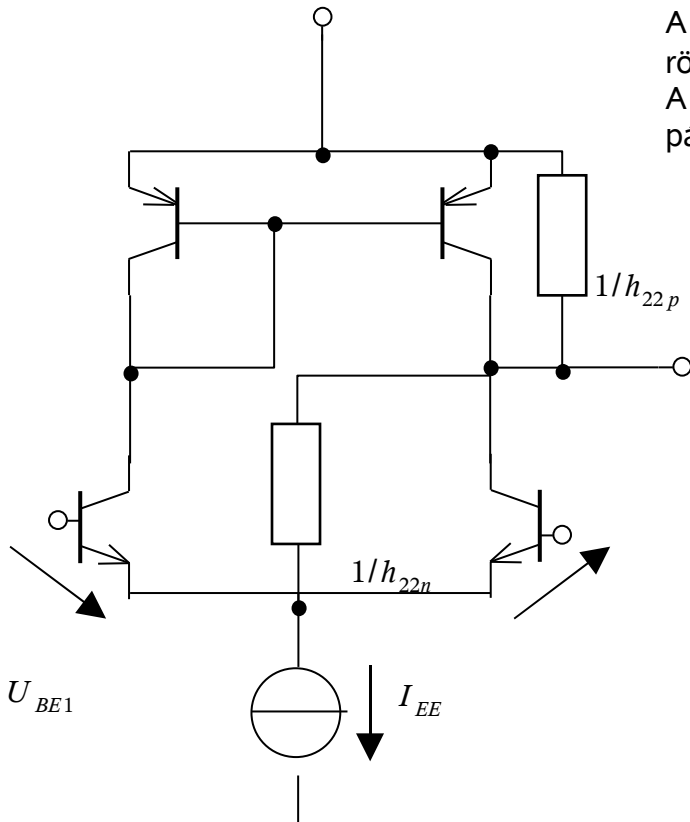
A tranzisztor nagyfrekvenciás helyettesítőképe (y paraméteres leírás):
(fent nincs összekötve!!!)



$$\begin{aligned} I_1 &= y_{11} U_1 + y_{12} U_2 \\ I_2 &= y_{21} U_1 + y_{22} U_2 \end{aligned} \quad \text{ahol } y_{11} = \frac{1}{R_{be}} ; \quad y_{21} = g_m ; \quad y_{22} = g_{ce}$$

19. Ismertesse a fázisösszegző (az aktív munkaellenállással terhelt differenciálerősítő) működését, az üresjárási feszültségerősítés számítási módszerét!

MÁSIK FÉLE KIDOLGOZÁS: .



A táp (U_T) váltakozó áramú szempontból rövidzár.
A feltüntetett ellenállások tehát egymással párhuzamosak.

Szimmetrikus bemenet, aszimmetrikus kimenet (a kimenetet csak az egyik kollektornál vesszük le).

$$U_{be1} = U_{be2} = \frac{U_{bes}}{2}$$

Működés:

Vezérlés nélkül a terhelésen nem folyik áram, mivel a munkaponti egyenáramok az áramtükörnek köszönhetően azonosak a két tranzisztoron, ezáltal a kimeneti csomópontba befolyó, illetve onnan elfolyó áramok azonosak, különbségük zérus. Szimmetrikus vezérlés esetén azonban az áramváltozások ellentétes előjelűek, az áramtükör által tükrözött, a kimeneti csomópontba felülről befolyó áram, illetve a jobboldali NPN tranzisztor kollektor árama nem lesz azonos, így a terhelésen a két áram különbsége fog folyni.

A táp AC szempontból rövidzár, vagyis a feltüntetett ellenállások párhuzamosan vannak.

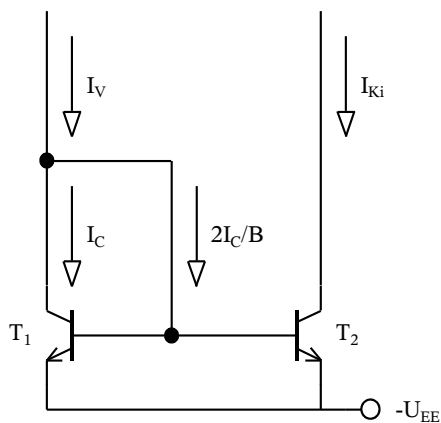
$$A_u = g_m \cdot R_p = \frac{I_{EE}}{2U_T} \cdot \left(\frac{1}{h_{22n}} \times \frac{1}{h_{22p}} \right) = \frac{(U_{AN} \times U_{AP})}{U_T}$$

U_{AP} - a PNP tranzisztor Early feszültsége.

U_{AN} - az NPN tranzisztor Early feszültsége.

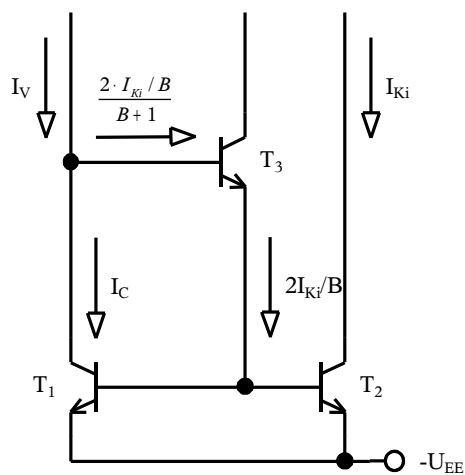
20. Ismertesse az áramvezérelt áramgenerátorok működését, az áramáttételi tényező számítását!

Az áramvezérelt áramgenerátorok esetén, a bemenő áramot tekintjük vezérlő jellemzőnek. A bemenő áramra a kapcsolás a lehető legkisebb hatással kell, hogy legyen! Az ideális eset az $R_{be}=0$ lenne. Az áramgenerátorok áramáttéttele:



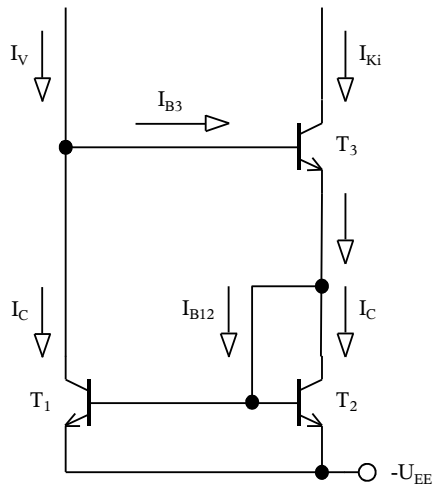
$$I_V = I_C + \frac{2I_C}{B}$$

$$\frac{I_{Ki}}{I_V} = \frac{1}{1 + \frac{2}{B}}$$



$$I_V = I_{Ki} \left(1 + \frac{2}{B(B+1)} \right)$$

$$\frac{I_{Ki}}{I_V} = \frac{1}{1 + \frac{2}{B(B+1)}}$$



$$I_{Ki} = I_C \left(1 + \frac{2}{B}\right) \frac{B}{B+1}$$

$$I_V = I_C \left(1 + \left(1 + \frac{2}{B}\right) \frac{1}{B+1}\right)$$

$$I_{B12} = I_C \frac{2}{B}$$

$$I_{B3} = I_C \frac{\left(1 + \frac{2}{B}\right)}{(B+1)}$$

$$\frac{I_{Ki}}{I_V} = \frac{I_C \left(1 + \frac{2}{B}\right) \frac{B}{B+1}}{I_C \left(1 + \left(1 + \frac{2}{B}\right) \frac{1}{(B+1)}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{2}{B(B+2)}}$$

Előnyei: -nem kell hozzá + táp - nagyobb kimeneti ellenállás

21. Ismertesse a 3 tranzisztoros áramvezérelt áramgenerátorok kimenőellenállása számításának módszerét!

2008.03.17.

$\Delta U_s = \phi$
 $I_V = \downarrow \text{konstans}$

$i_{ki} = U \cdot h_{22} - \beta \cdot i$
 csomóponti 1. egyenlet
 $(\beta + 2) i = U \cdot h_{22}$
 $i = \frac{U \cdot h_{22}}{\beta + 2}$
 $\Delta U_E \approx \phi$
 $i_{ki} = U \cdot h_{22} - \beta \cdot \frac{U \cdot h_{22}}{\beta + 2}$

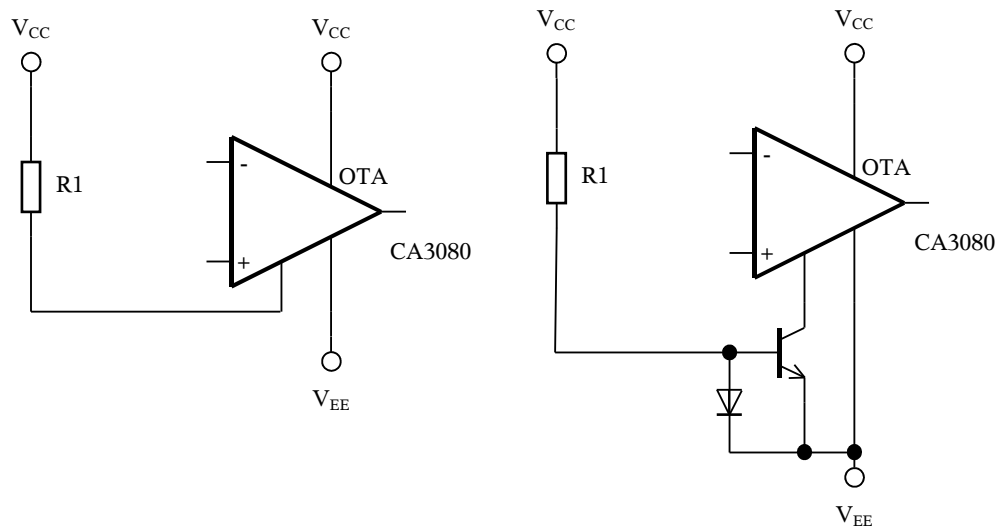
$\frac{i_{ki}}{U} = h_{22} \left(1 - \frac{\beta}{\beta + 2} \right) = h_{22} \frac{\beta + 2 - \beta}{\beta + 2} =$
 $\frac{i_{ki}}{U} = h_{22} \frac{2}{\beta + 2}$
 kimeneti vezetőségsége
 $\downarrow$
 kimeneti ellenállás
 R_{ki}
 $\frac{U}{i_{ki}} = \frac{1}{h_{22}} \frac{\beta + 2}{2}$

Stámppl.: $I = 1 \text{ mA}$ (működőponti áram)
 $h_{22} = 10^{-5}$ $\beta = 100$ $U = 1 \text{ V}$

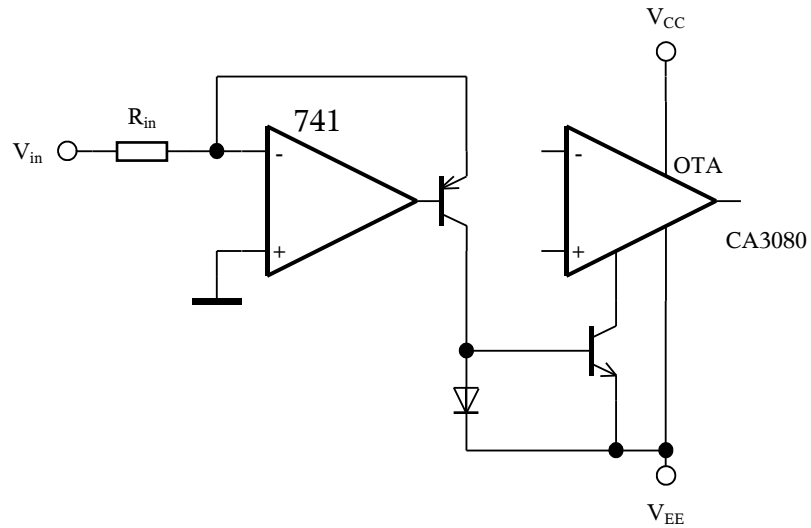
$R_{ki} = 5 \text{ M}\Omega$; $i_{ee} = 0,2 \mu\text{A}$
 $\Delta U_E = 2,5 \mu\text{V}$; $i = 0,1 \mu\text{A}$
 $\beta \cdot i = 10 \mu\text{A}$ $\Delta U_{BE} = -2,5 \mu\text{V}$ $\Delta U_B = -250 \mu\text{V}$

23. Ismertesse a műveleti meredekség erősítő (OTA) jellemző alkalmazásait!

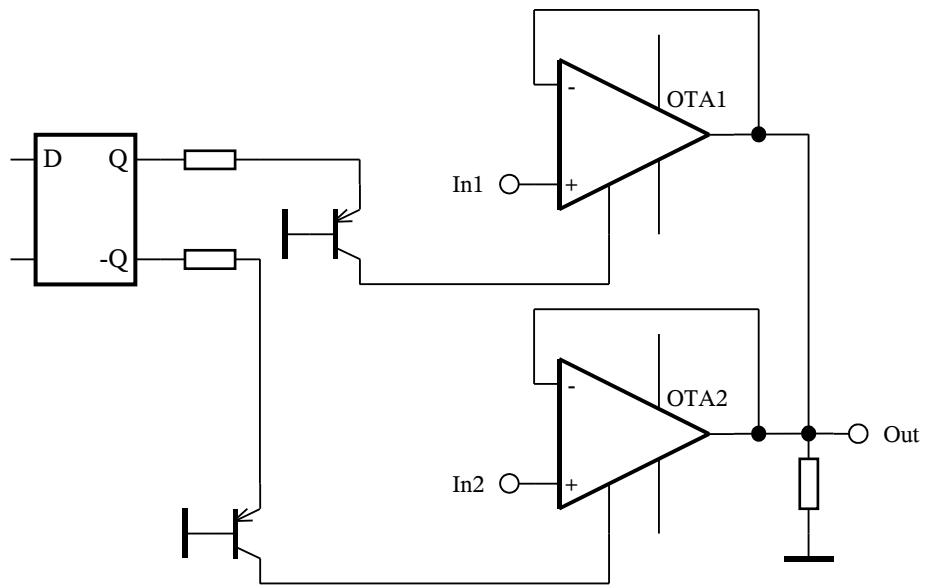
Munkapontbeállító:



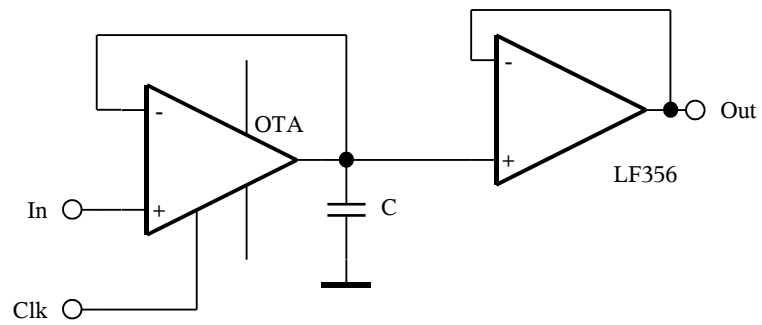
Linearizálja az áramkört:



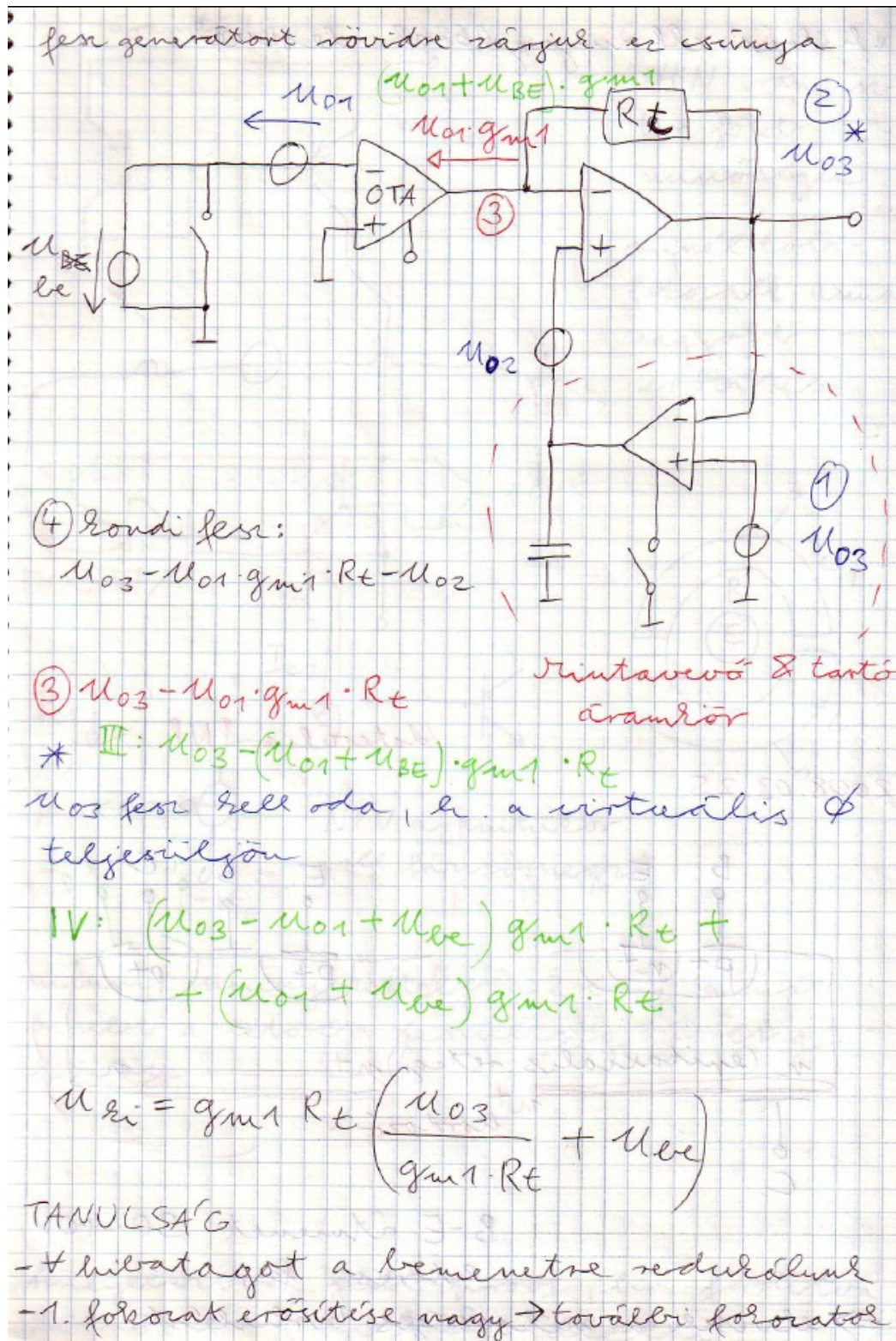
Kapcsoló:



Mintavevő és tartó áramkör:



24. Ismertesse a műveleti meredekség erősítővel (OTA) felépített offset-kompenzált (kapcsolóüzemű) erősítő felépítését, működését!

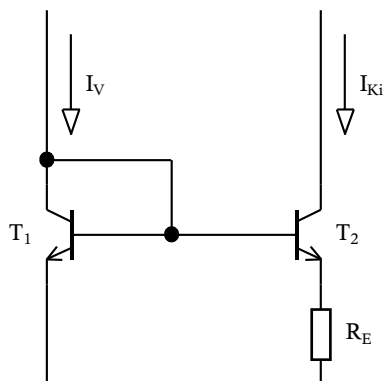


Zöld római négyes helyett:

Kondin levő fesz: $U_c = U_{03} - U_{01} * g_m * R_t - U_{02}$

Feszbekapcsolás után: $U_{ki} = (U_{be} + U_{01}) * g_m * R_t + U_{02} + U_c = U_{03} + U_{be} * g_{m1} * R_t$

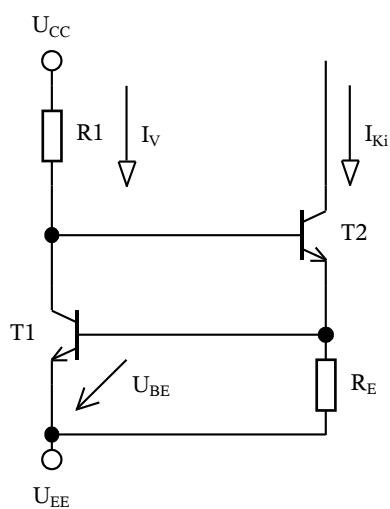
25. Ismertesse a különleges (kisáramú, logaritmikus) áramvezérelt áramgenerátorok működését, az áramátvételi tényező számítását!



$$U_T \ln \frac{I_V}{I_0} - U_T \ln \frac{I_{Ki}}{I_0} - I_{Ki} R_E = 0$$

$$U_T \ln \frac{I_V}{I_{Ki}} = I_{Ki} R_E$$

$$I_V = I_{Ki} e^{\frac{I_{Ki} R_E}{U_T}}$$



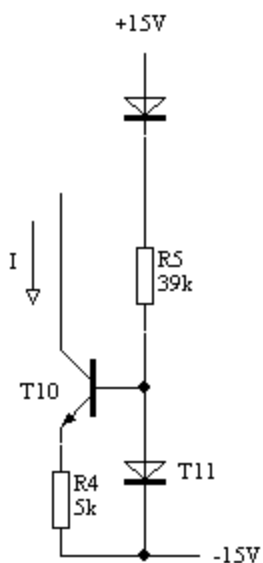
$$U_{BE} = U_T \ln \frac{I_V}{I_0} = I_{Ki} R_E$$

$$I_{Ki} = \frac{U_T}{R_E} \ln \frac{I_V}{I_0}$$

$$I_{Ki} = \frac{U_T}{R_E} \ln \frac{U_{CC} - 2U_{BE} - U_{EE}}{R_1 I_0}$$

26. Ismertesse a 741-es és a 776-os műveleti erősítő munkapont-beállító áramkörének felépítését!

Munkapontot beállító áramkör



A munkapont beállítását egy kéttranszisztoros áramvezérelt áramgenerátor végzi: $\pm 15\text{V}$ -os tápfeszültség esetén az I áram a következőképp számítható:

$$I_{R5} = \frac{30 - 1,4}{39 \cdot 10^3} = 730 \mu\text{A}$$

I meghatározásához felírható egyenlet:

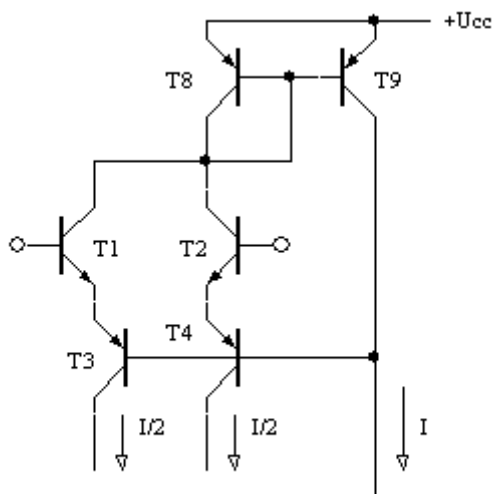
$$I_{R5} = I_{C10} \cdot e^{\frac{I_{E10} \cdot R4}{U_T}} \approx I \cdot e^{\frac{I \cdot R4}{U_T}}$$

Ebből:

$$I = 19 \mu\text{A}.$$

27. Ismertesse a 741-es műveleti erősítő bemeneti (1. erősítő) fokozatának felépítését!

Bemeneti differenciál erősítő



Az erősítő kapcsolási rajzát jobban megnézve kitűnik a baloldali 3 tranzisztoros áramvezérelt áramgenerátor. Ezt az x -el jelölt helyeken felvágva oda az *NPN* „kaskád” tranzisztorokat téve kapjuk a bemeneti fokozatot. Az *NPN-PNP* páros előnye a bázis-emitter átmenet letörési feszültségében mutatkozik:

A *PNP* tranzisztorok megakadályozzák nagy

	Bázis-emitter	Bázis-kollektor
NPN	5...6V	30...1000V
PNP	30...1000V	30...1000V

differenciális bemeneti feszültség esetén a fokozat tönkremenetelét.

A munkaponti áram:

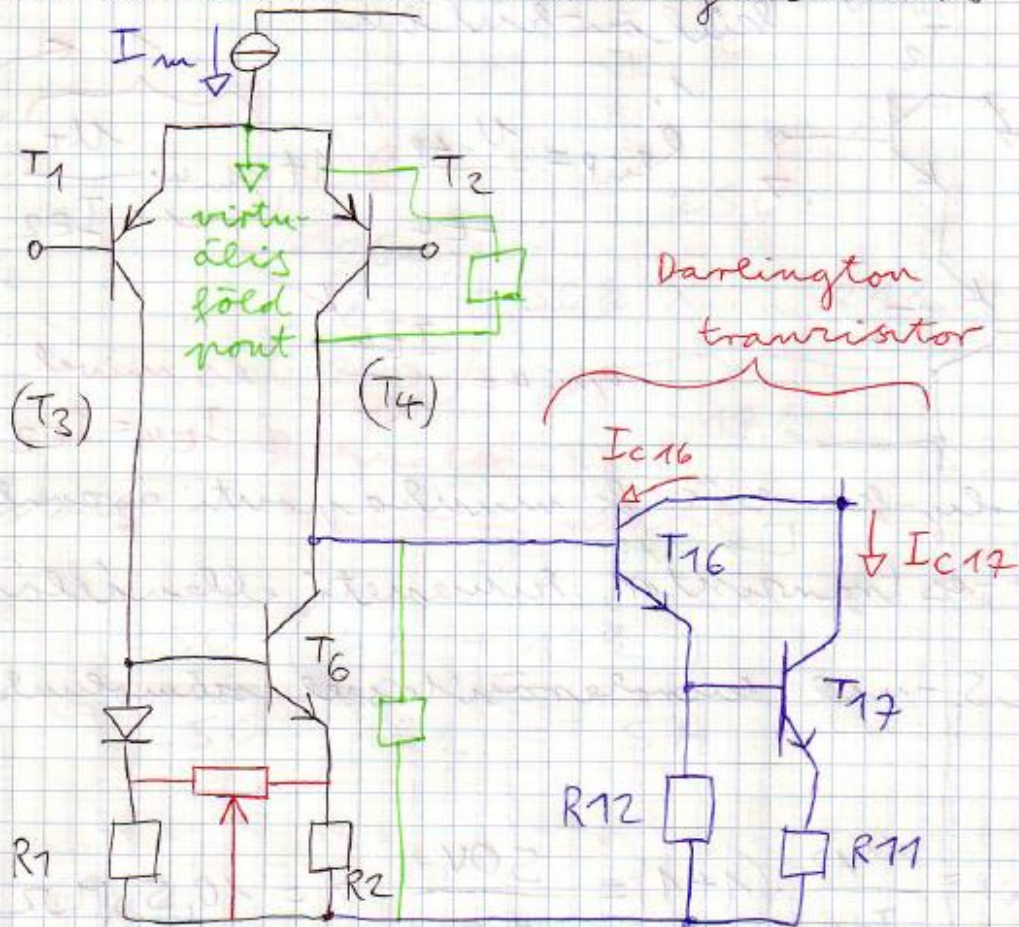
$$I_{C3} = I_{C4} = \frac{I}{2} = 9,5\mu A$$

2008.03.31.

Műveleti Erősítő ME
első analízise

frekvencia-erősítés számítása $A_{u\omega}$

PNP tranzistoros & áramgenerátoros



világító
potenciométer

4 PN átmenet a valóságban $T_1-T_2-T_3-T_4$

$$A_{u\omega} = \frac{I_m}{2u_T} \cdot \frac{u_{be}}{4} \cdot 2 R_p \cdot \frac{1}{u_{be}} = \frac{u_{be}}{u_{be}}$$

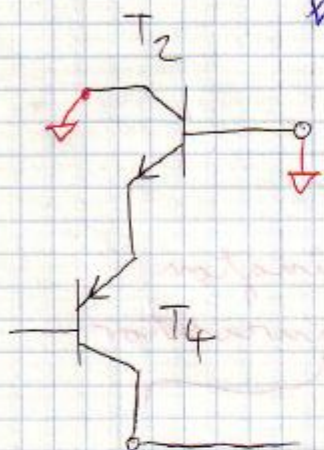
szimmetrikus

$$A_{u1} = \frac{I_m}{2u_T} \cdot \frac{u_{ees}}{4} \cdot 2 \cdot R_p \cdot \frac{1}{u_{ees}} = \frac{u_{eis}}{u_{ees}}$$

1. 2.

$$A_{u1} = \frac{I_m}{4u_T} \cdot R_{z1p} \times R_{z1n} \times R_{ee16}$$

külön-külön



$$1. \quad R_{z1p} = \frac{u_{AP}}{I_{E4}} \left(1 + g_{m4} \cdot \frac{u_T}{I_{E2}} \right)$$

$$g_{m4} = \frac{I_{E4}}{u_T}$$

és mivel $I_{E4} = I_{E2}$

Early-fesz-e & munkaponti áramból

T4-es tranzistor kimeneti ellenállása

V.C.S.-nél mindeztől számolunk

$$R_{z1p} = \frac{u_{AP}}{I_{E4}} \cdot (1+1) = \frac{50V}{9,5\mu A} \cdot 2 = 10,5 \text{ M}\Omega$$

2.

$$R_{z1n} = \frac{u_{AN}}{I_{E6}} \left(1 + g_{m6} \cdot R_2 \right) = 18,5 \text{ M}\Omega$$



$$= \frac{150V}{9,5\mu A} \left(1 + \frac{9,5\mu A}{26mV} \cdot 18\Omega \right)$$

3.:

$$R_{ee16} = (\beta_{16} + 1) \left\{ \frac{u_T}{I_{E16}} + \left[R_{12} \times (\beta_{17} + 1) \left(\frac{u_T}{I_{E17}} + R_{11} \right) \right] \right\}$$

$$\frac{26m}{0,7m} + 50$$

$$35 + 50$$

2k

$$250 \cdot 85$$

$$\frac{26m}{0,7m} + 50k \times \frac{21k}{17k}$$

Darlington
kapcsolás miatt

konstans

$$250 (2k + 17k)$$

$$250 \cdot 19k = 5M$$

$$A_{u1} = \frac{19\mu A}{26mV \cdot 4} \cdot 10,5M \times 18,5M \times 5M$$

$$A_{u1} = 479$$

$$A_{u2} = g_{m17} \cdot R_{zi17} \times R_{zi13} (1 + g_{m17} \cdot R_{11}) =$$

$$A_{u2} = 600$$

$$A_m = A_{m1} \cdot A_{m2} = 3 \cdot 10^5$$

$$R_{ee17} = (\beta + 1) \left(\frac{u_T}{I_E} + R_E \right) = (\beta + 1) \frac{u_T}{I_E} + (\beta + 1) R_E =$$

$$R_{ee17} = (\beta + 1) \cdot \left(\frac{u_T}{I_E} \right) \cdot \left(1 + \frac{I_E}{u_T} \cdot R_E \right)$$

földelt emitteres erősítő's kimeneti ellenállása R_{ee}

hurokerősítő's $(1 + g_m \cdot R_E)$

kiveréselhetőség U_{CC} pozitív táp

$$U_{BE \text{ MAX}} = U_{CC} - U_{BE8} - U_{CES1} + U_{BE1}$$

$$U_{BE \text{ min}} = I_{17} \cdot R_{11} + U_{BE17} + U_{BE16} + U_{EE}$$

$$U_{BE \text{ min}} = U_{EE} + 1,7 \text{ V}$$

negatív táp

$$U_{BE \text{ MAX}} = U_{CC} - 0,2 \text{ V}$$

szaturációs

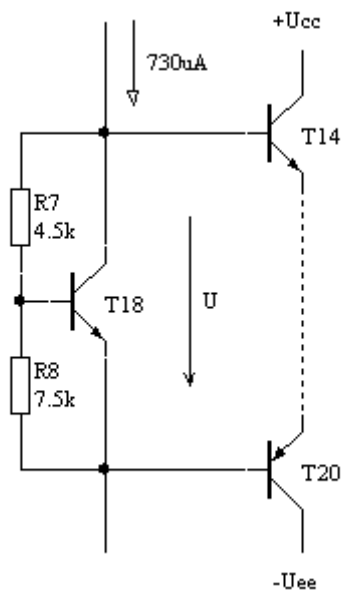
$$U_{ki \text{ MAX}} = U_{CC} - U_{CES13} - U_{BE14} = U_{CC} - 0,9 \text{ V}$$

$$U_{zi\min} = U_{EE} + I_{17} \cdot R_{11} + U_{BE12} + U_{CES16} + U_{BE20}$$

$$U_{zi\min} = U_{EE} + 1,9V$$

28. Ismertesse a 741-es műveleti erősítő kimeneti fokozatának felépítését, a rövidzár-védelem megvalósításának módszereit!

Kimeneti fokozat



A kimeneti fokozatot a *T14*, *T20* NPN-PNP komplementer pár alkotja. A keresztezési torzítás csökkentéséhez szükséges szinteltolást végzi a *T18*, *R7*, *R8* elemekből álló áramköri részlet.

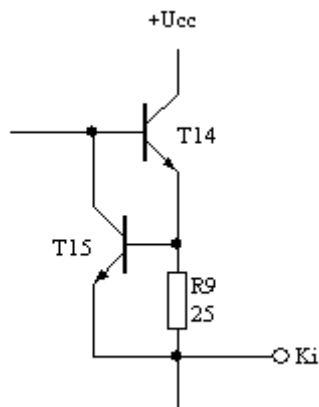
A *T18* olyan munkapontba áll be, hogy teljesüljön a következő egyenlőség:

$$U_{BE18} = \frac{R_8}{R_7 + R_8} \cdot U$$

Ebből *U*-t kifejezve:

$$U = U_{BE18} \cdot \frac{R_7 + R_8}{R_8} = 0,6 \cdot \frac{4,5 + 7,5}{4,5} \approx 1V$$

Túláram védelem



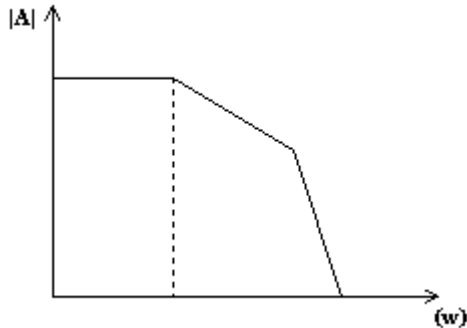
A negatív tápfeszültség felé való zárlat esetén a meghajtó $T14$ -es tranzisztort a $T15$, R_9 kettős védi. Amennyiben az R_9 ellenállás feszültsége eléri a $T15$ nyitófeszültségét, akkor $T15$ leszabályoz. Az ehhez szükséges kimeneti áram:

$$\frac{0,6}{R_9} = \frac{0,6}{25} = 24\text{mA}$$

A pozitív tápfeszültség felé való zárlatkor hasonlóképp avatkozik be $T22$ a főerősítő működésébe.

29. Jellemezze a 741-es és a 748-as műveleti erősítő frekvenciafüggését, a bemeneti- és kimeneti működési feszültség-tartományait!

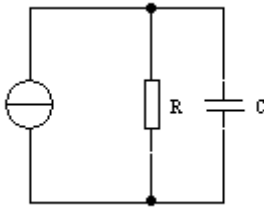
Frekvenciamenet, kompenzáció, sávjóság



A 748-as erősítő nem tartalmaz frekvenciakompenzációt, ennek frekvenciamenete látható az ábrán. A két domináns pólus a két erősítőfokozat eredménye.

A visszacsatolt erősítő erősítése:

$$A_{cl} = \frac{A}{1 + (\beta A)} = \frac{1}{\frac{1}{A} + \beta}$$



A 741-es műveleti erősítő belső frekvenciakompenzációt tartalmaz, ekkor egy domináns pólust viszünk a rendszerbe:

$$A_u = g_m \cdot R_C \cdot \frac{1}{1 + sRC}$$

Sávjóság:

$$|A_u| = 1 = \frac{g_m \cdot R}{\omega \cdot R \cdot C} = \frac{g_m}{\omega \cdot C} \Rightarrow \omega = \frac{g_m}{C}$$

Kimeneti jelváltozási sebesség (Slew Rate)

A 741-es műveleti erősítő bemeneti differenciál erősítőjének kimeneti árama korlátozott:

$$I_{1MAX} = 19 \mu A$$

Ebből kifolyólag a kompenzálókapacitáson a feszültség véges meredekséggel változhat. Ez a feszültség tulajdonképpen az erősítő kimeneti feszültségét adja. A maximális jelváltozási sebesség:

$$\frac{dU_{ki}}{dt} = \frac{I_{1MAX}}{C_k} = \frac{19 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-12}} = 0,6 \frac{V}{\mu s}$$

Be-és kimeneti kivezérelhetőség

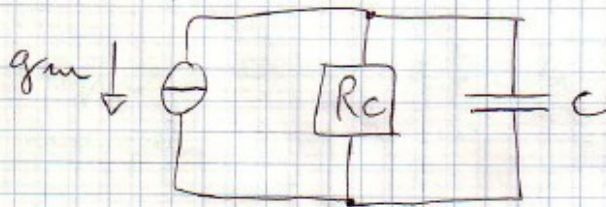
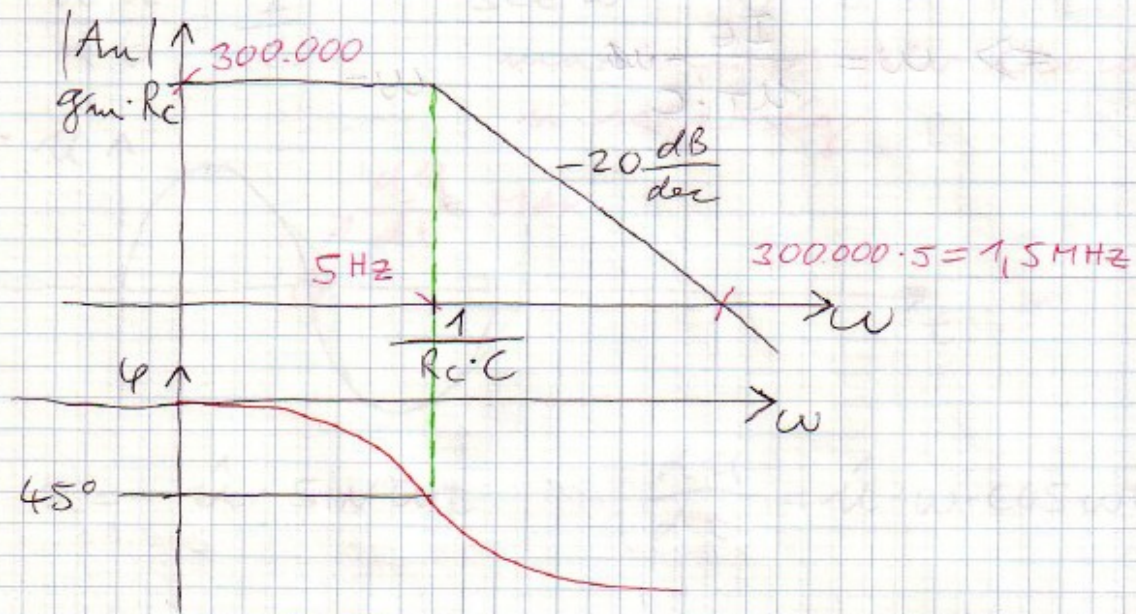
$$U_{beMAX} = U_{CC} - U_{BE(T8)} - U_{CES(T1, T2)} + U_{BE(T1, T2)}$$

$$U_{beMIN} = U_{EE} + U_{BE(T5, T6)} + U_{BE(T7)} + U_{CES(T3, T4)} + U_{BE(T1, T2)}$$

$$U_{kiMAX} = U_{CC} - U_{CES(T13)} - U_{BE(T14)}$$

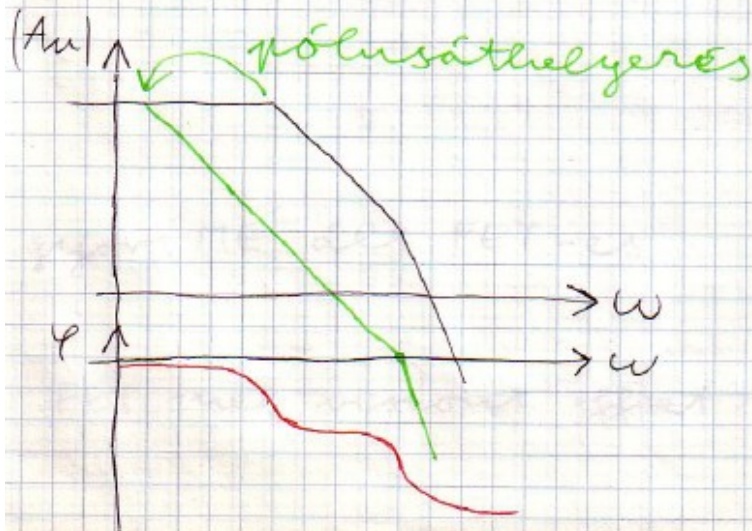
$$U_{kiMIN} = U_{EE} + U_{BE(T17)} + U_{CES(T16)} + U_{BE(T20)}$$

BODE diagramm



$$A_u = g_m \cdot R_c \frac{1}{1 + s R_c \cdot C}$$

$$s = j\omega$$



a frekvencia növekedtével 1 elhanyagolhatóvá válik

leírásrészlet R_C

$$|A_m| = 1 = \frac{g_m \cdot R_C}{1 + j\omega R_C \cdot C} = \frac{I_E}{u_T \cdot \omega \cdot C}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{I_E}{u_T \cdot C} \quad \omega =$$

ha a kondenzátort elkerüljük tölteni

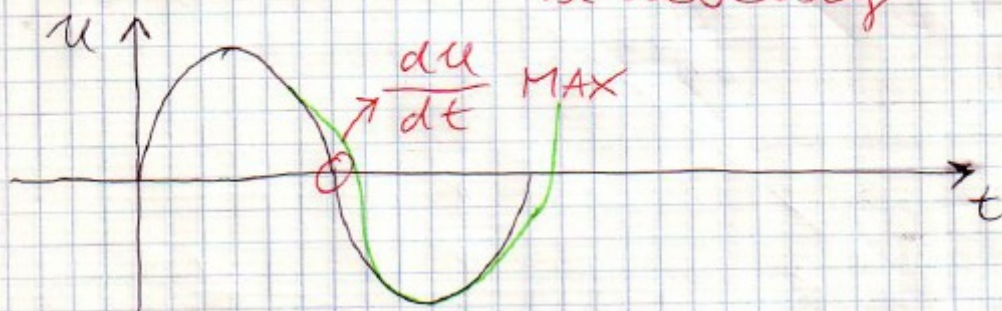
$$Q = C \cdot u$$

$$I \cdot dt = C \cdot du$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{I}{C}$$

SLEW RATE

maximális jelváltozás sebesség



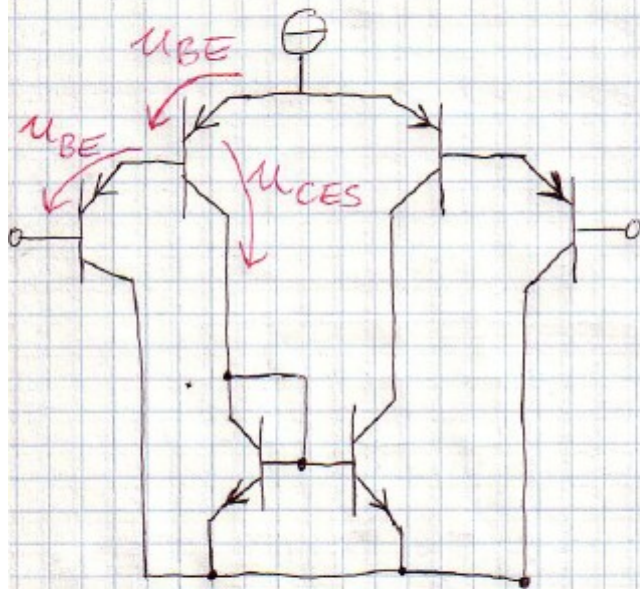
$$u = \hat{u} \cdot \sin \omega t$$

$$\frac{du}{dt} = \hat{u} \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

30 pF-os kondi nem lehet túl nagy

$$U_{BE \text{ min}} = U_{BE8} + U_{CES2} - U_{BE2} - U_{BE1} \\ \approx -0,5 \text{ V}$$

telítődési
szaturációs



erősítőnél:

linearitás & frekvenciamenet fontos
↳ V.CS. miatt

Komparátor

- & kis küszöbértékre jól reagáljon
→ nagy erősítés kell

- gyors legyen

nem fog
bevezetni

- linearitás nem gond nincs V.CS.

- telített áll → Bázisban sok töltés

halmozódik fel telítésben → lassít

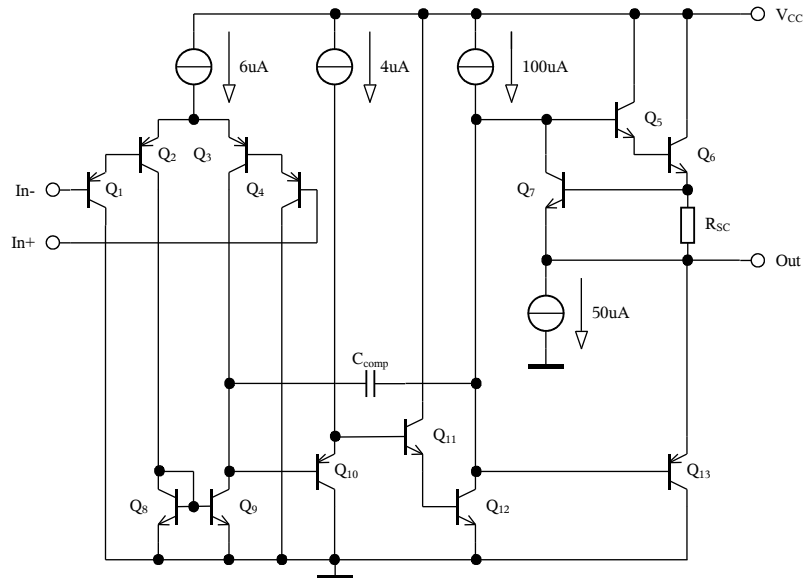
lassítja a többlettöltés elterelőit
a váltást

differenciál erősítő
+ földelt kollektoros források

30. Ismertesse az 1 tápfeszültségű műveleti erősítő felépítését, jellemzőit!

Nulla bemenet környezetében működő erősítő:

- Mivel a bemenet feszültsége a földpotenciál alá is kerülhet, egyetlen tápfeszültség elegendő

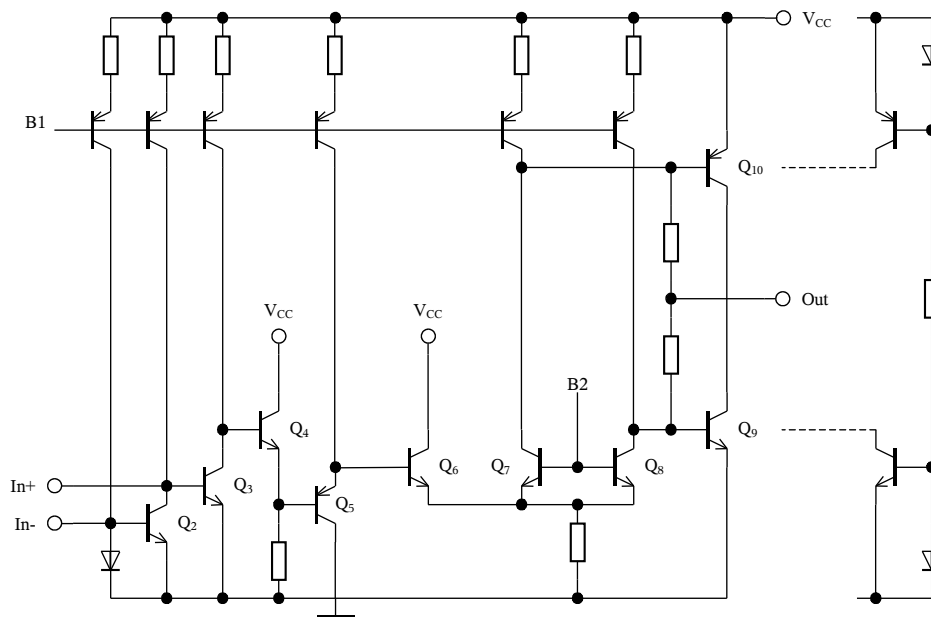


- Q1-Q2 és Q3-Q4 Darlington fokozatban => kis áramra viszonylag nagy erősítés
- Q8 és Q9 fázisösszegző => különbségi áramjel rávezetése Q10-re
- Q10 különbségi szinteltolást állít helyre
- Q11 és Q12 Darlington meghajtja Q13-Q5-Q6 végfokot
- Rsc és Q7 zárlatvédelmet látnak el
- A kondi frekvenciakompenzáló

Feszültségviszonyok az áramkörben: A fázisösszegző tranzisztorainak bázisa – a bázis emitter dióda hatása miatt – 0,7V potenciálon van. Így a Q2, illetve Q3 tranzisztorok emitterének feszültségét csak a szaturációs feszültség korlátozza, melynek értéke körülbelül 0,2V. Innen a bemenetig 2db PN átmenet vezet, tehát $0,9V - 2 \cdot 0,7V = -0,5V$ körüli bemeneti feszültségnél az erősítő még üzemképes.

31. Ismertesse a kis tápfeszültségű műveleti erősítő felépítését, jellemzőit!
 Alacsony tápfeszültségű erősítő:

- Kötött feszültségű bemenet. Norton – erősítő, Norton – bemeneti fokozat



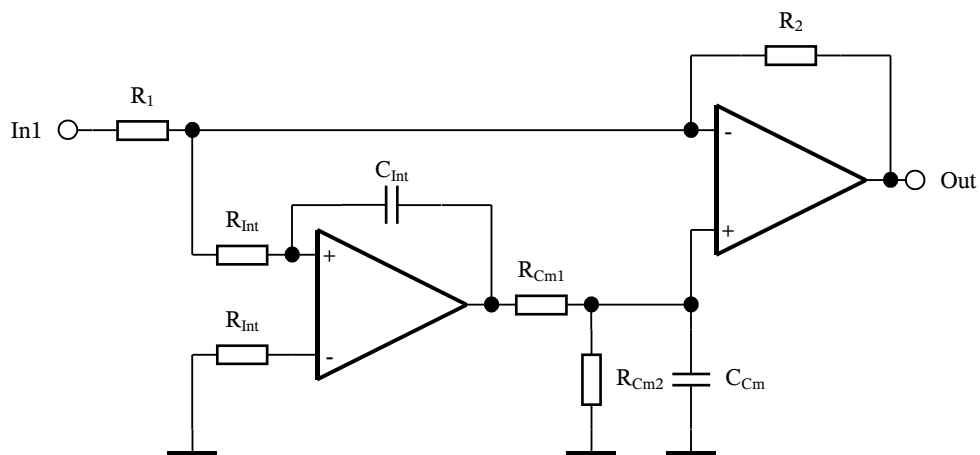
- Közösített bázisú tranyók mindegyike áramgenerátor, amit az emitterellenállásokkal lehet beállítani.
- Q1 és Q2 fázisösszegző, kötött potenciálú
- A fázisösszegző árama Q3-Q4-Q5-ön át jut a Q6-Q7 differősítőre
- A Q7-Q8 kollektorai hajtják meg a végfokot
- Q9 és Q10 szinttolással rendelkeznek, fix potenciálúak
- a kötött potenciálok miatt erősítőt árammal lehet vezérelni

Feszültségviszonyok az áramkörben: A bemeneti tranzisztor és dióda állandó 0,7V – os potenciálon tartja a bemenetet. Q4 emitterkörü ellenállásán alig esik feszültség, így Q3 kollektora, és Q5 emittere is lehet 0,7V potenciálú. A differenciálerősítő ellenállásán megintcsak igen kicsi feszültség esik, így Q8 kollektorának feszültségét Q9 Ube feszültsége adja (0,7V), míg Q7 kollektora Vcc-Uce potenciálú. Mivel az áramgenerátorok tranzisztorainak szaturációs feszültsége kb. 0,2V, az egész áramkör akár már 1V – ról is üzemképes.

$$U_{ki\ max} = U_{cc} - U_{ces} \quad U_{ki\ min} = U_{ee} + U_{ces}$$

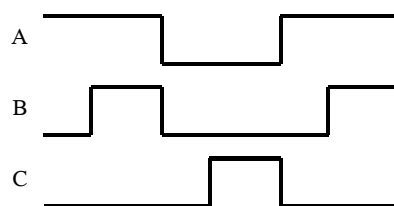
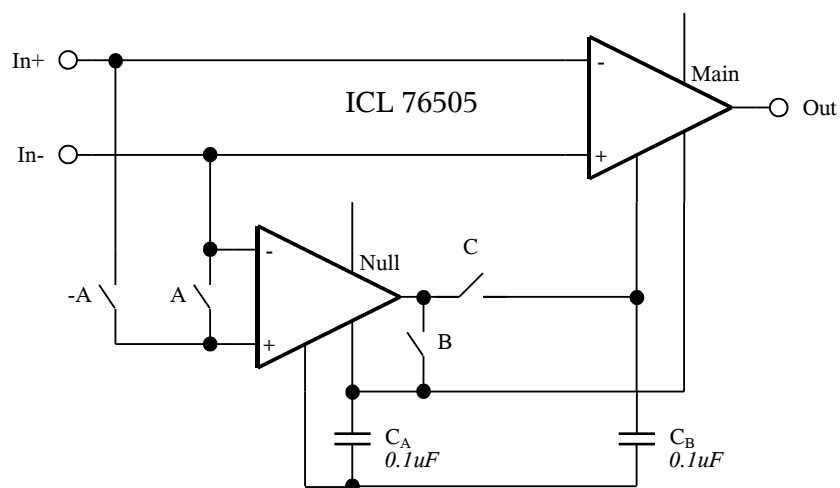
32. Ismertesse a különlegesen kis offsetfeszültségű műveleti erősítők felépítését, jellemzőit!

- Kis offsetű integrátorban, gyors offsetű invertálóban
- Integrátor kimenete virtuális földpont a gyors erősítő neminvertáló bemenetén, de valójában a saját offsetfeszültségét tesszük a virtuális erősítő helyére.
- Így a teljes áramkör offsetje az integrátor offsetjével egyenlő



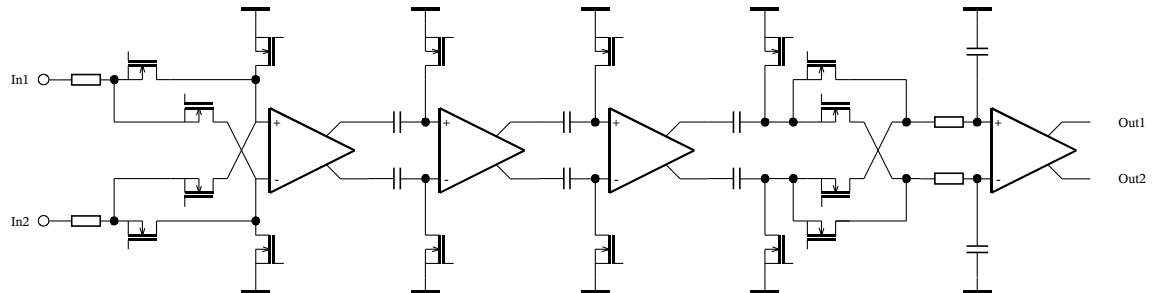
Kapcsolóüzemű kompenzálású, csopper – kompenzált műveleti erősítők

- Főerősítő tisztán analóg, segéd mixed
- A rövidzárása: a segéderősítő offsetjét tároljuk el egy kondiban
- A nyitása: a segéderősítő offsetjét a kondi kompenzálja, így csak a főerősítő offsetjét mérjük, tároljuk egy másik kondiban, amivel a főerősítőt kompenzáljuk.



Kapcsolóüzemű kompenzálású, csopper – kompenzált műveleti erősítők

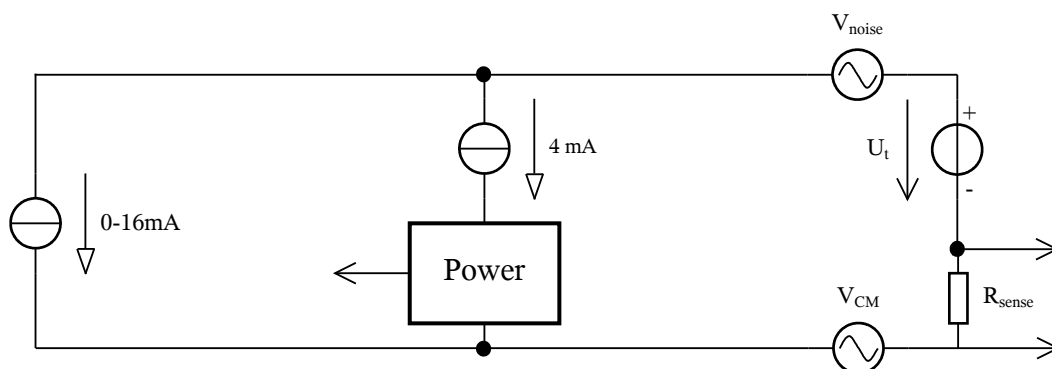
- Periódusonként felcseréli az erősítő bemenetére kötött vezetékeket
- Minden erősítő bemenete földelhető, így a kimenetén az offset jelenik meg, amik erre a fesszintre töltik a kapacitásokat és kikompenzálják azt
- Ha megszűnik a földelés, az offsetfeszültségű kondik a következő fokozat bemenetén kompenzálják az offsetet



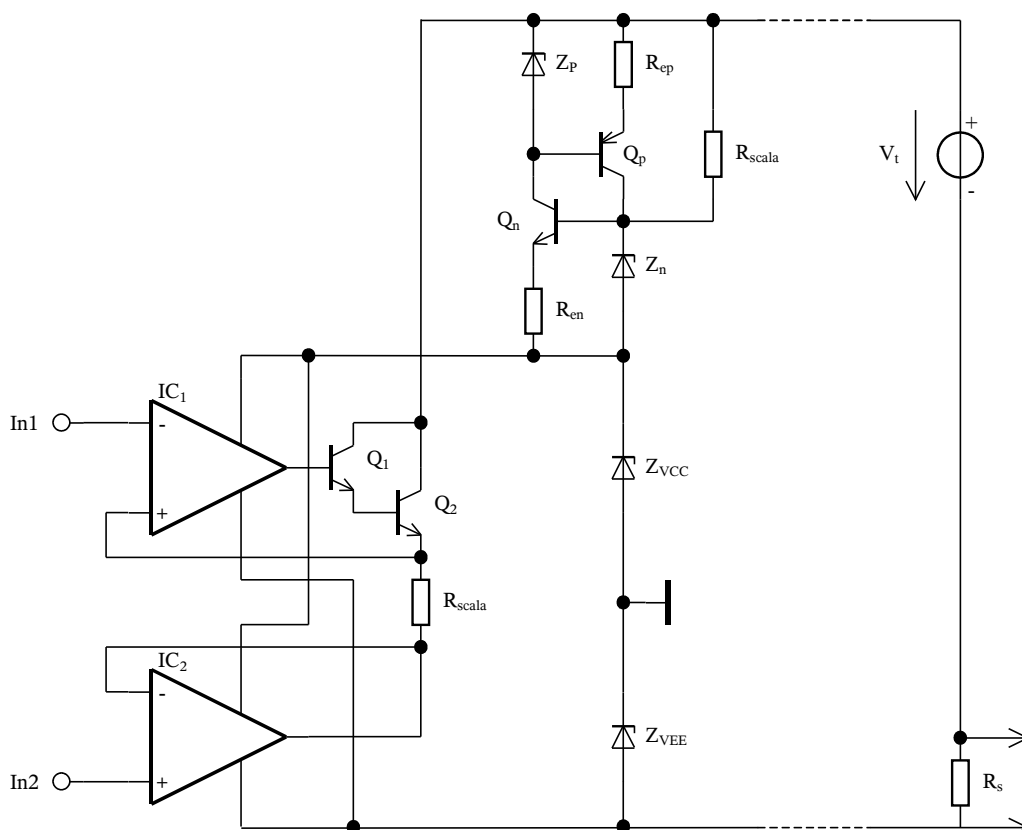
33. Ismertesse az analóg áram-jelátvitel jellemzőit, (4-20 mA-es áram-távadó működését)!

4-20mA – es áram távadó:

Élőnullás jelátvitel, hogy a szakadás észrevehető legyen.



A jeladó által generált áram érzéketlen a vonalon keletkező zajfeszültségekkel szemben. A vevő tápláló tápegységből, és egy áram/feszültség átalakítóból áll.

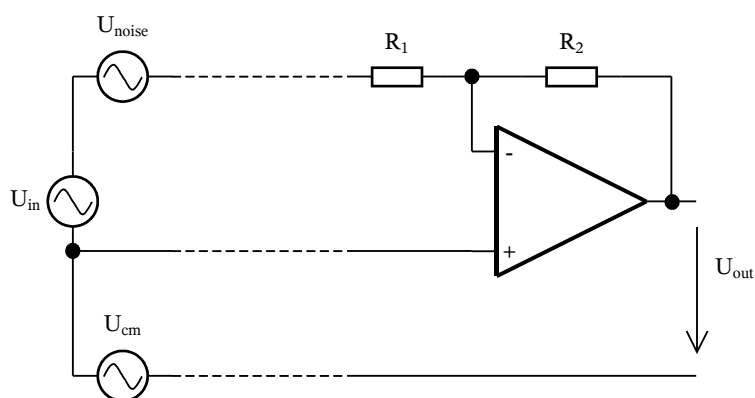


- Szimmetrikus feszültséget a két erősítő átmásolja Rscala ellenállásra
- Rscala U/I konverter
- Q1 és Q2 darlington disszipálni van ott

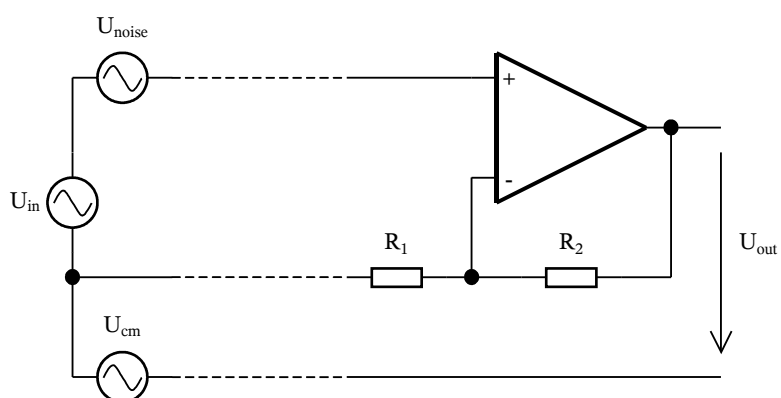
- az áramgenerátor áramát Z_p -Rep és Z_n -Ren párok a tápfesztlől függetlenül konstans szinten tartják.
- bekapcsoláskor a két tranzistor zárva van – másik Rscala (nagy értékű) biztosítja a nyitófesztlőt a beinduláshoz

34. Ismertesse az analóg feszültség-jelátvitel jellemzőit, a differencia- (nagy bemeneti közösmódusú-elnyomású) erősítők felépítését, működését!

Feszültségátvitel:

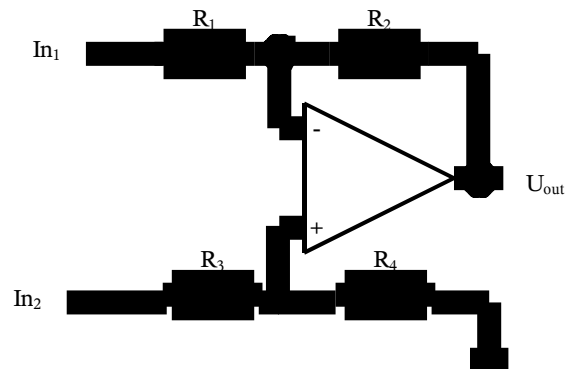


$$U_{out} = -\frac{R_2}{R_1}(U_{in} + U_n) + U_{cm}$$



$$U_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}(U_{in} + U_n) + U_{cm}$$

Differenciálerősítő, mely a közös módusban érkező zajra nem érzékeny:



$$U_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_{in1} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1} U_{in2}$$

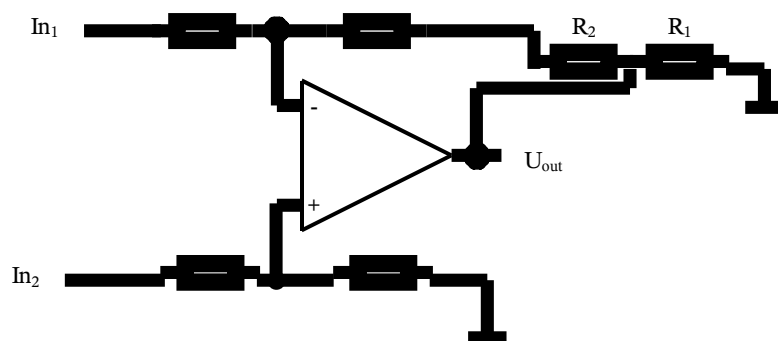
Ha egyformák az ellenállások, $A_u=1$.

$$A_{usk} = U_{cm} \cdot \left(-\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_3 + R_4} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1} \right) = \frac{-R_2 R_3 - R_2 R_4 + R_4 R_2 + R_4 R_1}{R_1 R_3 + R_1 R_4} = \frac{-R_2 R_3 + R_4 R_1}{R_1 R_3 + R_1 R_4}$$

$$\text{Ha } \begin{matrix} R_1 = R_4 = R(1+h) \\ R_2 = R_3 = R(1-h) \end{matrix}, \quad A_{usk} = \frac{(1+h)^2 - (1-h)^2}{(1+h)(1-h) + (1+h)^2} = \frac{1+2h+h^2-1+2h-h^2}{1-h^2+1+2h+h^2} = \frac{4h}{2+2h} = \frac{2h}{1+h}$$

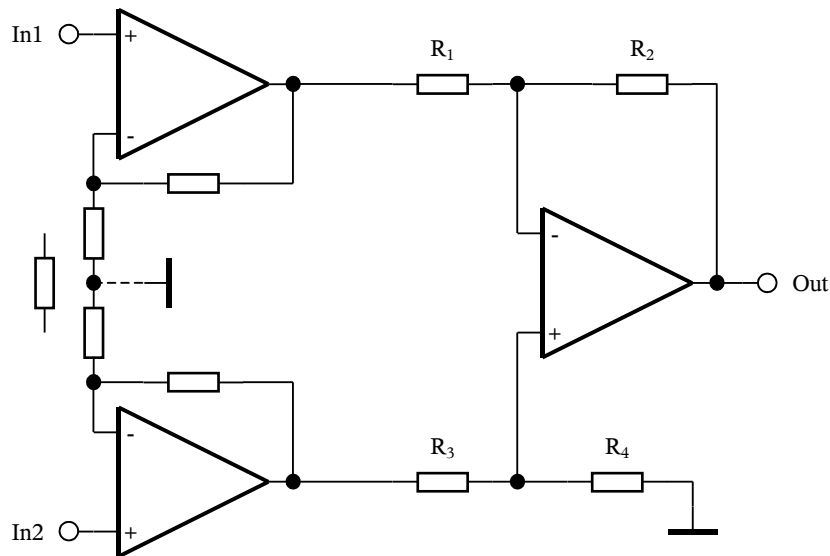
Látható, hogy KME a híd hibájából adódik

Ha egy feszültségosztón keresztül csatoljuk vissza a differenciálerősítőt:



$$U_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot A_{us}$$

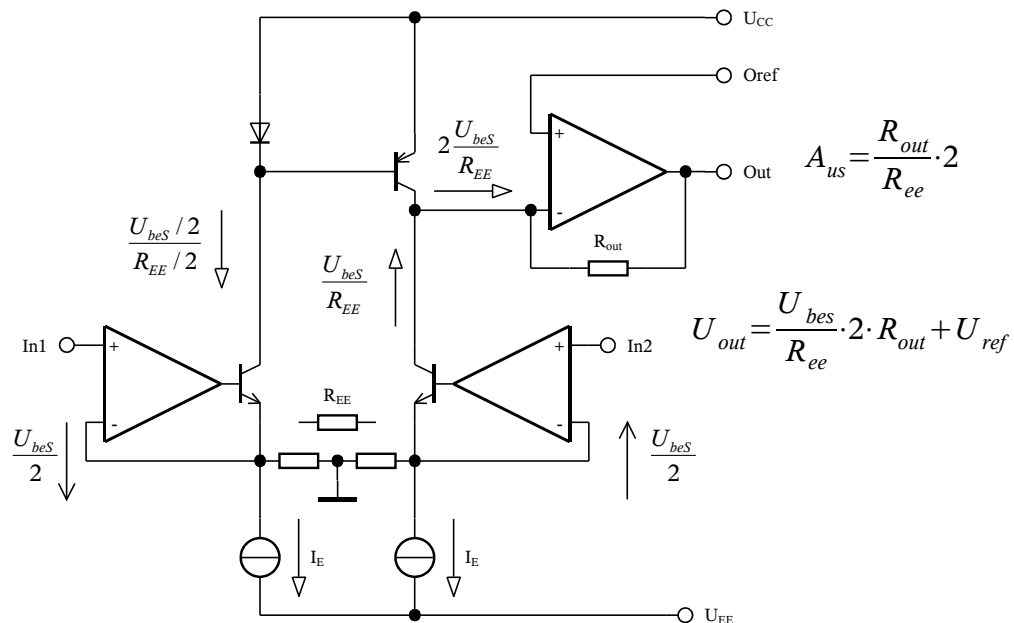
Az eddigi erősítők előnyeit egyesíti a következő műszererősítő:



- differősítő bemenetein levő erősítők nagyimpedanciás bemeneten, fázist nem fordítva erősítik a bemenő feszültséget
- a negatív bemenetekre kapcsolt ellenállások középpontja virtuális földpont, egy ellenállással helyettesíthető
- az erősített feszültség a differősítőre jut, amelynek feladata a jó közös módusú elnyomással történő erősítés

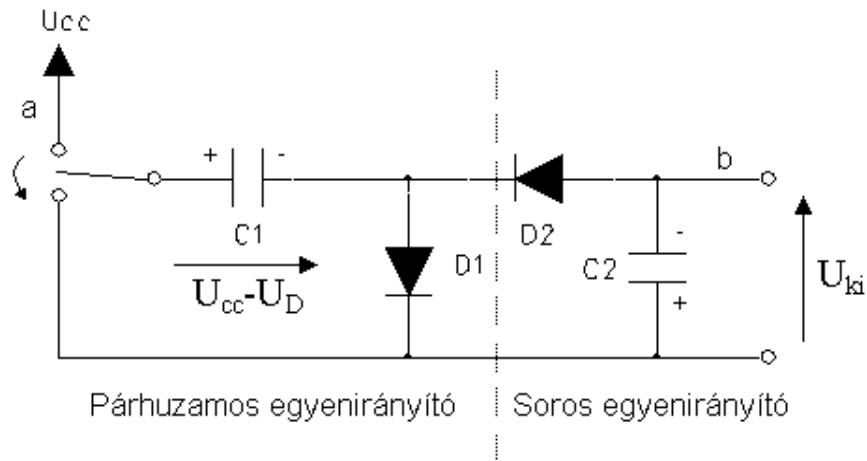
Más megoldás

- Nagyimpedanciás bemenet
- tranýók az erősítő kimenetén – követő üzemmód, azaz a bemeneti feszts teszik rá R_{ee} -re
- R_{ee} U/I átalakító, közepe virt. földpont

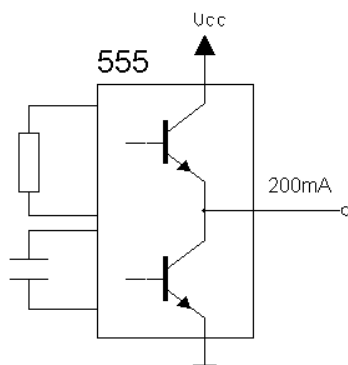
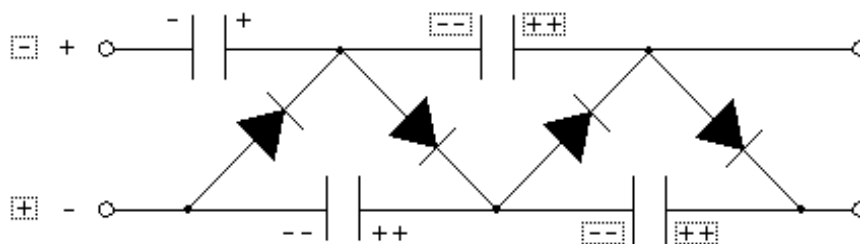


35. Ismertesse az induktivitást nem tartalmazó kapcsolóüzemű tápegységek működését!

Induktivitást nem tartalmazó polaritásváltó DC/DC konverter:



- több átkapcsolás után: $U_{ki} = U_{cc} - 2U_D$
 $U_{ab} = U_{cc} + (U_{cc} - 2U_D) = 2U_{cc} - 2U_D$



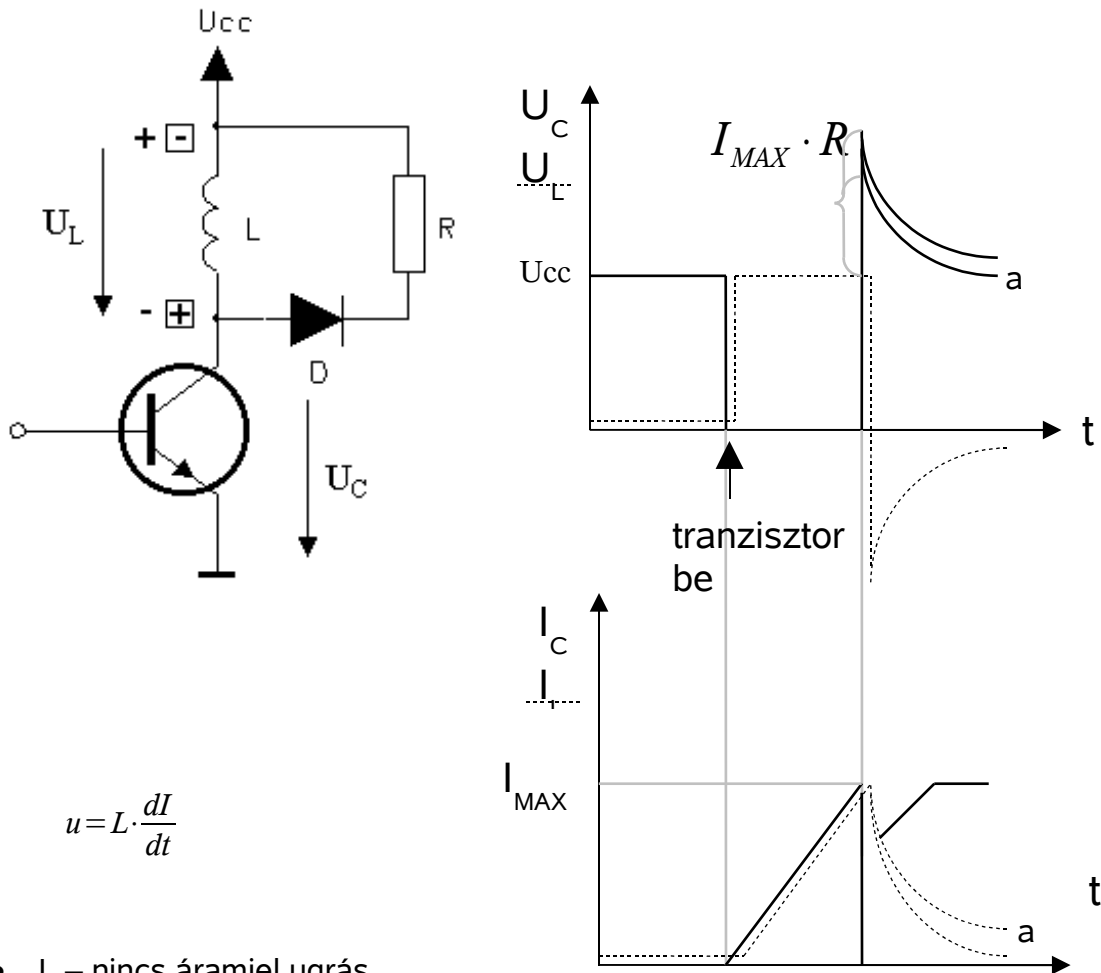
- Astabil multivibrátor – kisteljesítményű DC/DC konverter

36. Ismertesse az induktivitással terhelt kapcsolófokozat működését!

Induktivitással terhelt kapcsolófokozat:

Folytonos vonal: U_C és I_C

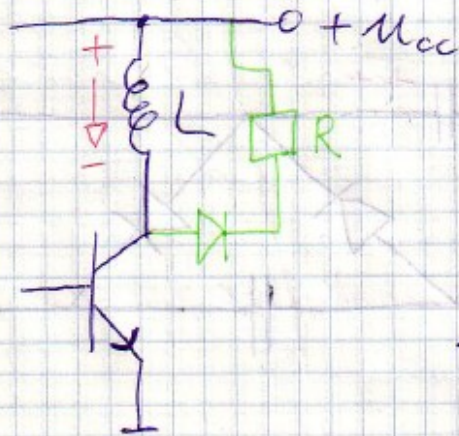
Szagatott vonal: U_L és I_L



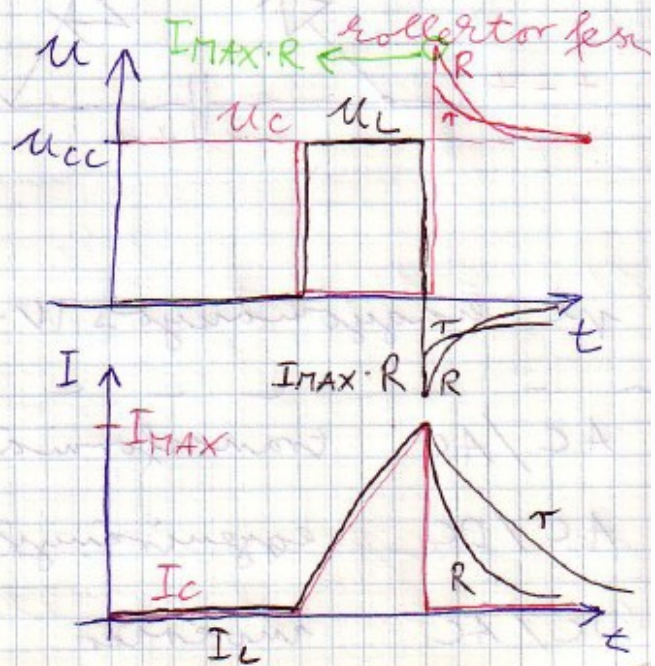
- L – nincs áramjel ugrás
- tranzisztor kikapcsolása – nagy $dI/dt \rightarrow$ nagy $U \rightarrow$ védő dióda
- tranzisztor kikapcsolása $\rightarrow L$ generátor
- $R \rightarrow$ Zener dióda : áram lineárisan csökken
- valóságban : U csökken $\rightarrow dI/dt$ csökken $\rightarrow$ meredekség csökken
- R növelése : nagyobb feszültség ugrás, gyorsabb áram lecsengés

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U}{L}$$

teljesítmény erősítőre is jó induktivitással terhelt kapcsoló forrás

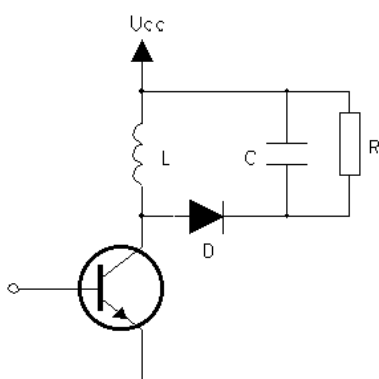


$$u = L \cdot \frac{dI}{dt}$$



37. Ismertesse a záró-, és nyitóüzemű DC/DC konverterek működését!

Záróüzemű DC/DC konverter:



$$W_L = \frac{1}{2} L I_{\max}^2$$

$$P_{be} = f \cdot W_L$$

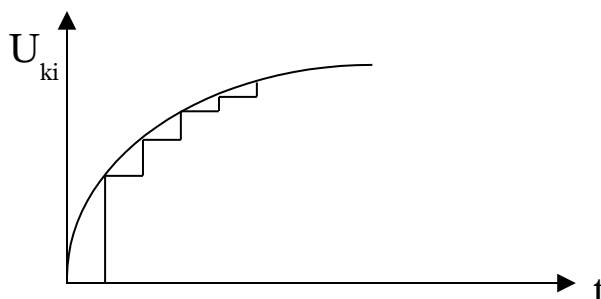
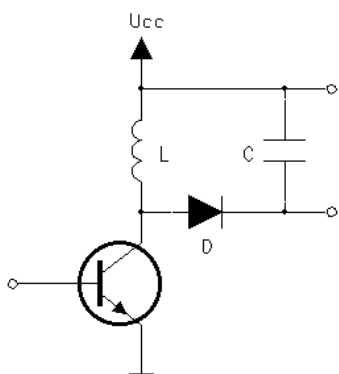
$$P_{ki} = \frac{U_{ki}^2}{R}$$

$$\frac{1}{2} f \cdot L \cdot I_{\max}^2 = \frac{U_{ki}^2}{R} \rightarrow U_{ki} = \sqrt{\frac{f \cdot L \cdot R}{2}} \cdot I_{\max}$$

$$U = L \cdot \frac{di}{dt} \rightarrow I_{\max} = \frac{U_{cc}}{L} \cdot t_{be}$$

$$U_{ki} = \sqrt{\frac{f \cdot L \cdot R}{2}} \cdot \frac{U_{cc}}{L} \cdot t_{be} = \sqrt{\frac{R \cdot U_{cc}^2 \cdot T}{2 \cdot L}} \cdot \frac{t_{be}}{T}$$

- U_{ki} a kitöltési tényezővel változtatható
- energia $\rightarrow$ tekercs $\rightarrow$ energia : véges energia vihető át



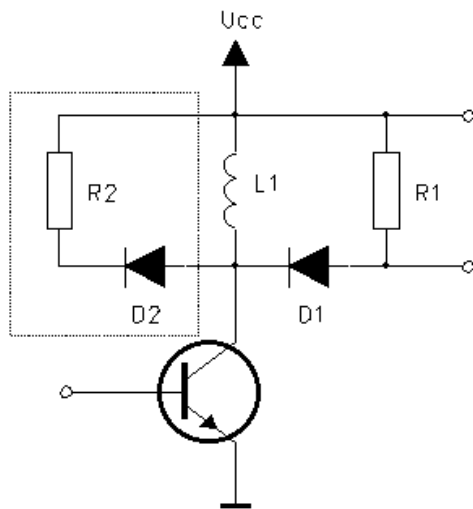
$$W_{be} = n \cdot \frac{1}{2} L \cdot I_{\max}^2$$

$$W_c = \frac{1}{2} C \cdot U_{ki}^2$$

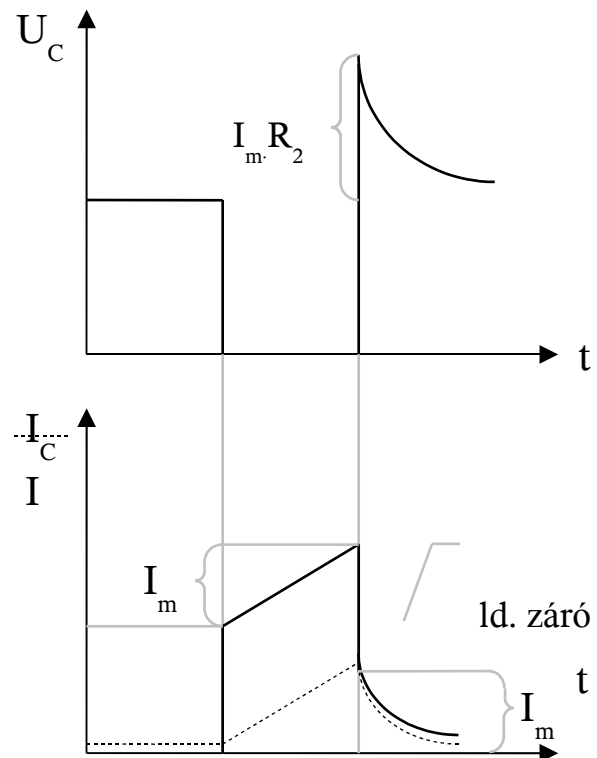
$$W_c = W_{be} = n \cdot \frac{1}{2} L \cdot I_{\max}^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_{ki}^2$$

$$U_{ki} = \sqrt{n \cdot L \cdot I_{\max}^2 / C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot I_{\max} \cdot \sqrt{n}$$

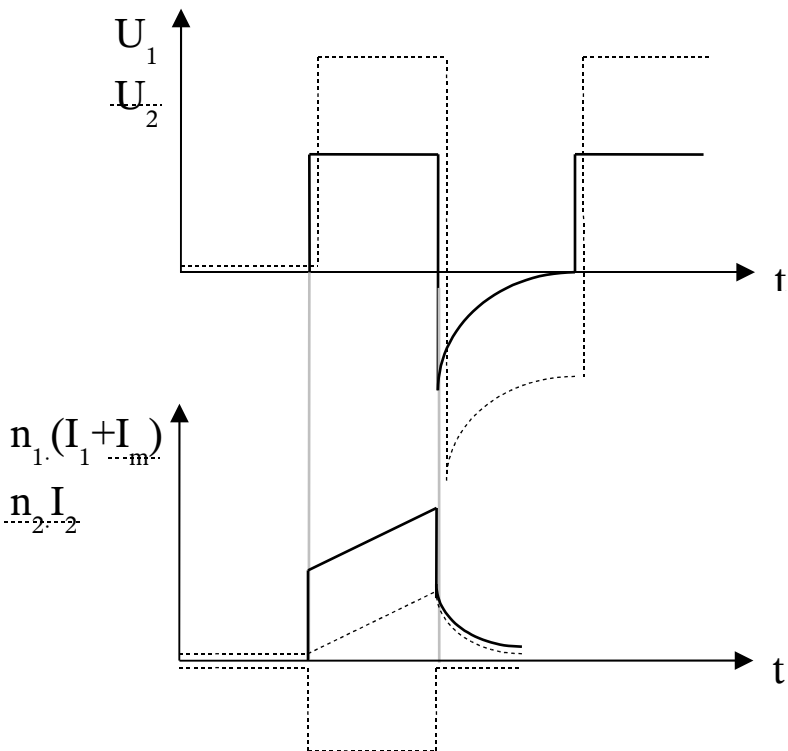
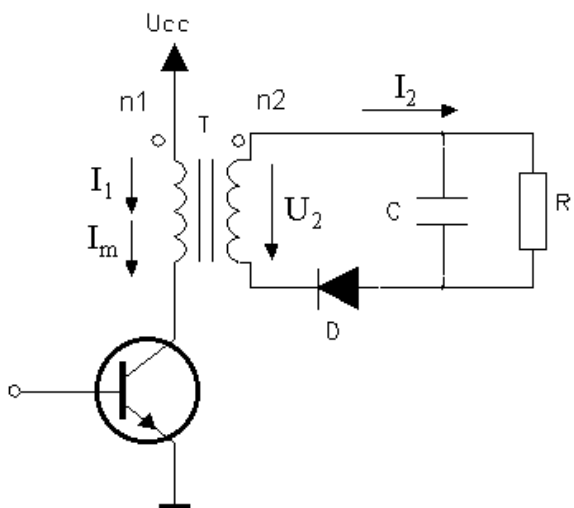
Nyitóüzemű DC/DC konverter:



$$I_{C\max} = I_m + \frac{U_{CC}}{R_1}$$



- dióda és tranzisztor egyszerre nyit, ezért $I_{C\max} \neq I_m$ mágnesező árammal
- kikapcsoláskor ellenálláson nem folyi áram, mert a dióda lezár, ez végtelen feszültségugrást jelentene => záróüzemű konverter rész kell



$$u_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot u_1$$

$$\frac{U_{cc}}{R_l}$$

• I_m megszabja a menetszámot, de

$$H = \sum \frac{n \cdot I}{l} = \frac{n_1 \cdot I_m + n_1 \cdot I_1 - n_2 \cdot I_2}{L}$$

nem szabja meg az átvitt teljesítményt

- $n \rightarrow$ nagy / kicsi U_{ki}
- nyitóüzemű konverter: nagy energia átvitel, záróüzemű konverter: szabályozhatóság
-

$$W_c = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

$$V = C \cdot U \cdot k$$