

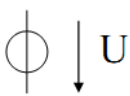
1. Az elektronikában alkalmazott mennyiségek SI mértékegységei és prefixei.

- M, mega 10^6 k, kilo 10^3 m, milli 10^{-3} μ , mikro 10^{-6} n, nano 10^{-9} p, piko 10^{-12} f, femto 10^{-15}
- Volt, Amper, Ohm, Farad, Henry, Siemens, Watt, Hertz (feszültség, áram, ellenállás, kapacitás, induktivitás, vezetés, teljesítmény, frekvencia)

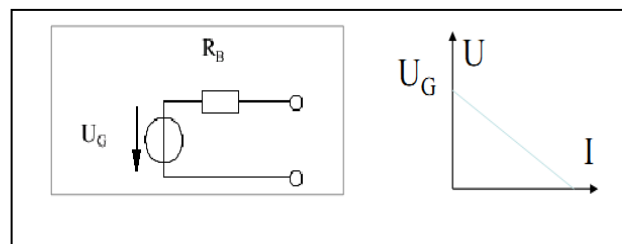
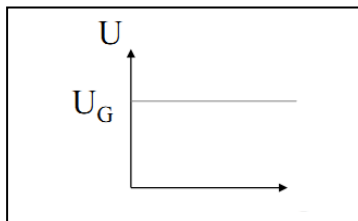
2. Kirchhoff csomóponti és huroktörvény.

- Egy csomópontba befolyó áramok előjeles összege = 0.
- Tetszőleges zárt hurokban a feszültségek összege = 0.
- A Kirchhoff-törvények alkalmazásával minden hálózat megoldható.

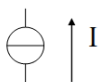
3. Ideális és valós feszültségforrás tulajdonságai.



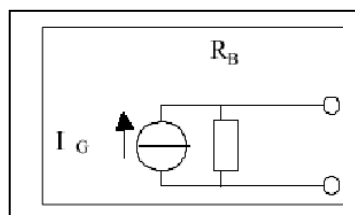
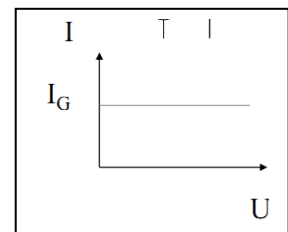
- ideális:
 - a 2 kivezetés között a feszültség független a feszültségforrás áramától.
- valós:
 - a kivezetések között mérhető feszültség függ az áramtól (a gyakorlatban: csökken)



4. Ideális és valós áramforrás tulajdonságai.



- ▶ ideális: az áram független az áramforráson eső feszültségtől
- ▶ valós: a kimenő áram függ az áramforráson eső feszültségtől



5. A szuperpozíció elve és alkalmazása.

- Lineáris hálózatokban teljesül, hogy $f(F + \Delta F) = f(F) + f(\Delta F)$
A különböző gerjesztésekre adott együttes válasz meghatározható az egyes gerjesztésre adott válaszok összegeként.
- alkalmazásnál:
 - az ideális áramgenerátort szakadással,
 - a feszültséggenerátort rövidzárral kell helyettesíteni.

6. Az Ohm törvény.

Ohm-törvénye: ugyanazon fogyasztó/vezetőszakasz kivezetésein mérhető feszültség, és a fogyasztón/vezetőszakaszon átfolyó áram erőssége egyenesen arányos, hányadosuk állandó.

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Az ellenállás mértékegysége: (ohm) } \Omega = \frac{V}{A}$$

7. Passzív lineáris hálózati elemek áram, feszültség, teljesítmény összefüggései az időtartományban.

- Disszipatív elem:
 - ellenállás
 - az R ellenálláson átfolyó I áram $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$
 - teljesítményt hővé alakít
- Egy ellenállás feszültsége és árama között az összefüggés: $U = RI$
- Az R arányossági tényező az ellenállás, mértékegysége az Ohm (Ω).
- Az ellenállás reciproka a vezetés, $G = \frac{1}{R}$, mértékegysége a Siemens
- ($1S = 1\Omega^{-1}$)
- Energia tároló elemek:
 - kapacitás
 - induktivitás

8. Ellenállás soros és párhuzamos kapcsolása.

Ellenállások soros kapcsolása

- Soros kapcsolás esetén a sorba kapcsolt ellenállások árama megegyezik. Az eredő ellenállás az ellenállások összege.

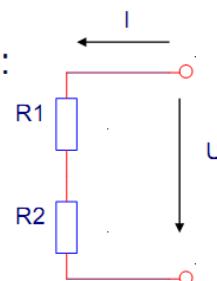
$$R = \sum_{i=1}^n R_i.$$

- A sorba kapcsolt ellenállásokon kialakuló feszültség az egyes ellenállásokon az *ellenállások arányában* oszlik meg, azaz:

$$U_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i} U$$

- Két sorosan kapcsolt ellenállás esetén pl.:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$
$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}, I_1 = I$$
$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}, I_2 = I$$



Ellenállások párhuzamos kapcsolása

- ▶ Párhuzamos kapcsolat esetén a párhuzamosan kapcsolt ellenállások feszültsége megegyezik. Az eredő vezetés a vezetések összege.

$$G = \sum_{i=0}^n G_i.$$

- ▶ Ellenállásokra áttérve:

$$R = \frac{1}{\sum_{i=0}^n \frac{1}{R_i}}$$

- ▶ A párhuzamos kapcsolat meglehetősen gyakori, ezért két ellenállás párhuzamos eredőjének kiszámítására szokás definiálni a replusz operátort ($\times$). Ha R_1 és R_2 ellenállás párhuzamosan kapcsolódik, akkor eredő ellenállásuk:

$$R = R_1 \times R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

- ▶ A párhuzamosan kapcsolt ellenállásokon folyó áram az egyes ellenállásokon az *vezetések arányában* oszlik meg, azaz:

$$I_i = \frac{G_i}{\sum_{i=0}^n G_i} I$$

9. Feszültség ill. áramosztás.

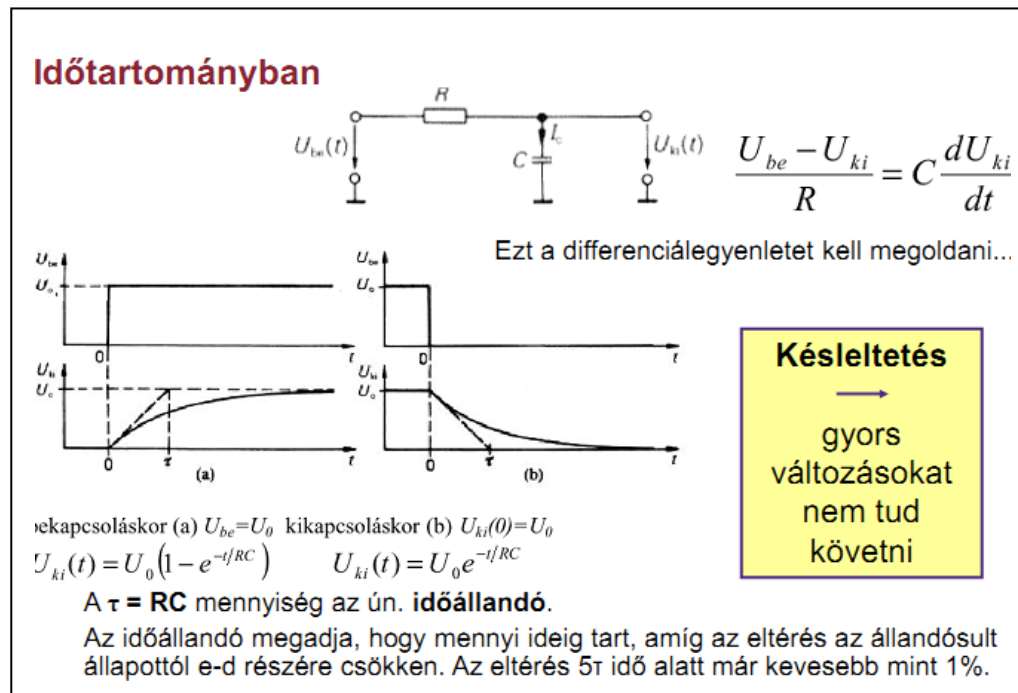
Feszültségosztás törvénye:

- Soros kapcsolatban az egyes ellenállásokon fellépő feszültségek úgy aránylanak egymáshoz, mint az ellenállások értékei. Ez a **feszültségosztás törvénye**.

Áramosztás törvénye:

- Az áramosztás törvényét párhuzamos kapcsolások esetén értelmezhetjük. A párhuzamosan kapcsolt ellenállásokon a közös mennyiség a feszültség, míg a rajtuk átfolyó áram áramkorlátozó hatásaik függvénye.
- Párhuzamos kapcsolat esetén az áramerősségek fordítottan arányosak az ágak ellenállásaival.

10. RC hálózat viselkedése az időtartományban, az időállandó fogalma.



11. Félvezető anyagok alaptulajdonságai.

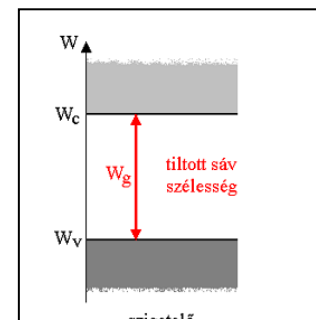
- Átmenetet képeznek a szigetelők és a vezető anyagok között.
- Vezetik az áramot.
 - NTC, azaz növekvő hőmérsékletre az ellenállásuk csökken. (ellentétben a fémekkel)
- Jelen pillanatban félvezető anyagok az elektronikai eszközök alapjai.
- Fontosabb félvezető anyagok (önkéntes és nem teljes felsorolás!)
 - Egykristályos
 - Elemi félvezetők: Si, Ge (IV. oszlop)
 - Si: integrált áramkörök, eszközök
 - Vegyületfélvezetők: pl. GaAs, GaAsP
 - LED
 - amorf (főleg Si)
 - TFT, napelem stb.
 - Szerves
 - OLED

12. A tiltott sáv fogalma.

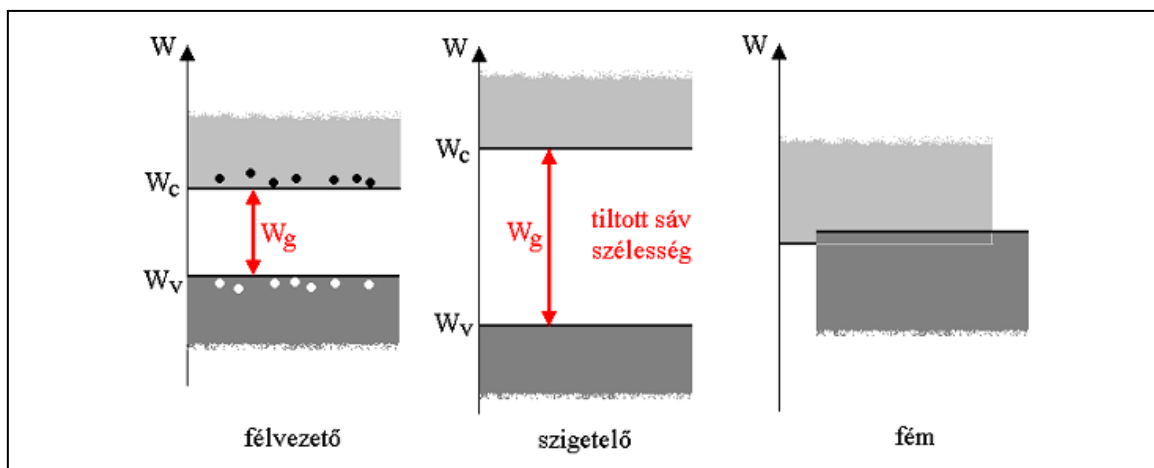
Sávmodellben a megengedett sávokat tiltott sávok választják el.

Áramvezetési szempontból fontos:

- a legfelső, (majdnem) teli sáv
- a fölötte levő, (majdnem) üres sáv
- a köztük lévő tiltott sáv



13. Vezető, szigetelő és félvezető anyagok közötti különbség a sávmodell alapján.

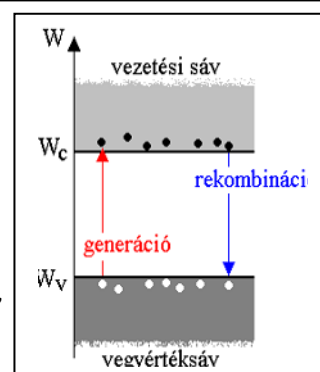


14. A generáció és a rekombináció fogalma.

- Elektronok a vezetési sáv alján (negatív töltés pozitív tömeg)
- Lyukak: a vegyértéksáv tetején (pozitív töltés pozitív tömeg)
- Mindkettő szolgálja az áram-vezetést!

► **Generáció:** a termikus átlagenergia (kT) felhasználásával vagy külső energiaközlés hatására egy elektron a vezetési sávba kerül, azaz két mozgásképes töltéshordozó keletkezik.

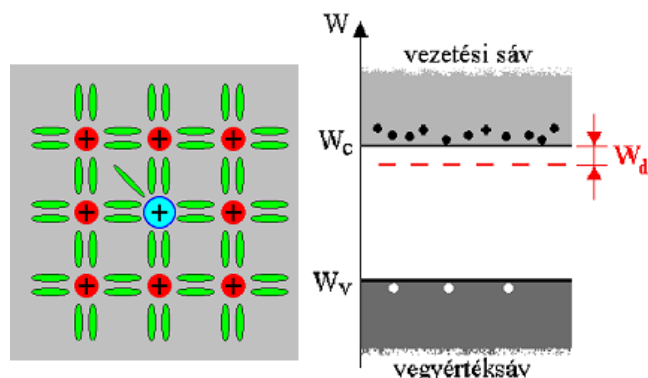
► **Rekombináció:** egy elektron a vezetési sávból a vegyértéksávba kerül vissza.



15. n és p típusú félvezető.

n típusú félvezető (Si)

Donor adalék pl. P, As, Sb: 5 vegyértékű. Egy elektron „felesleges” – nem tud szomszáddal kovalens kötésbe kapcsolódni, és a szokásos hőmérsékleteken a vezetési sávba kerül.



N_D^+ : donor koncentráció [$1/\text{cm}^3$]
 n_n : elektron koncentráció
 p_n : lyuk koncentráció

Elektronok

- többségi töltéshordozók

Lyukak

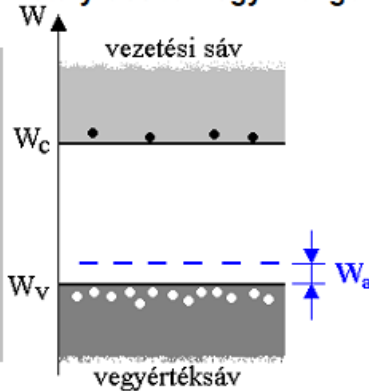
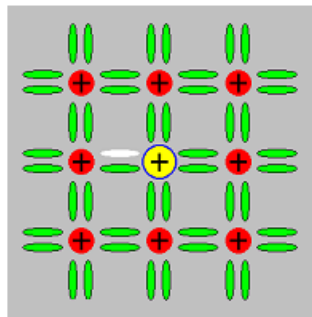
- kisebbségi töltéshordozók

$$n_n \sim N_D$$

$$n_n > p_n$$

p típusú félvezető (Si)

Akceptor adalék pl. B, Ga, Al, In: 3 vegyértékű. Csak három szomszédhoz tud kapcsolódni, így a kristályrácsban egy mozgóképes elektronhiányt (lyukat) okoz.



Lyukak

► többségi
töltéshordozók

Elektronok

► kisebbségi
töltéshordozók

N_A : akceptor koncentráció [$1/\text{cm}^3$]
 n_p : elektron koncentráció
 p_p : lyuk koncentráció

$$p_p \sim N_A$$

$$p_p > n_p$$

16. A sodródási és a diffúziós áram fogalma. (képlet nélkül!)

Drift Áram:

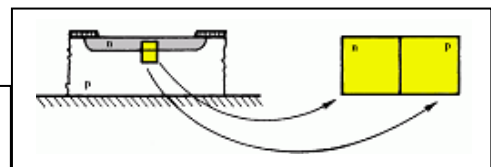
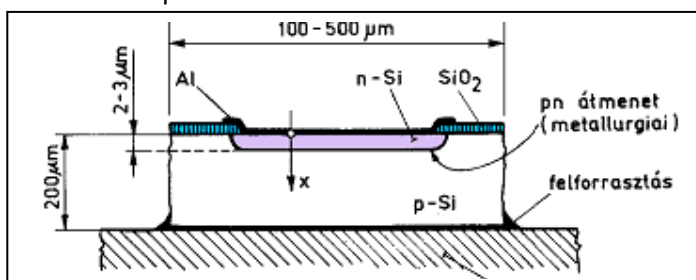
- Töltéshordozóknak elektromos erőter hatására történő mozgása.
- Drift sebesség (v_D): a töltéshordozóknak az erőter irányában történő elmozdulásának sebessége.

Diffúziós áram:

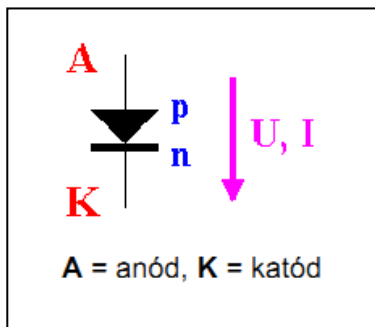
- a részecskének a térbeli koncentráció-különbség megszüntetésére irányuló mozgása.
- a sűrűségkülönbség és a hőmozgás

17. PN átmenet keresztmetszete.

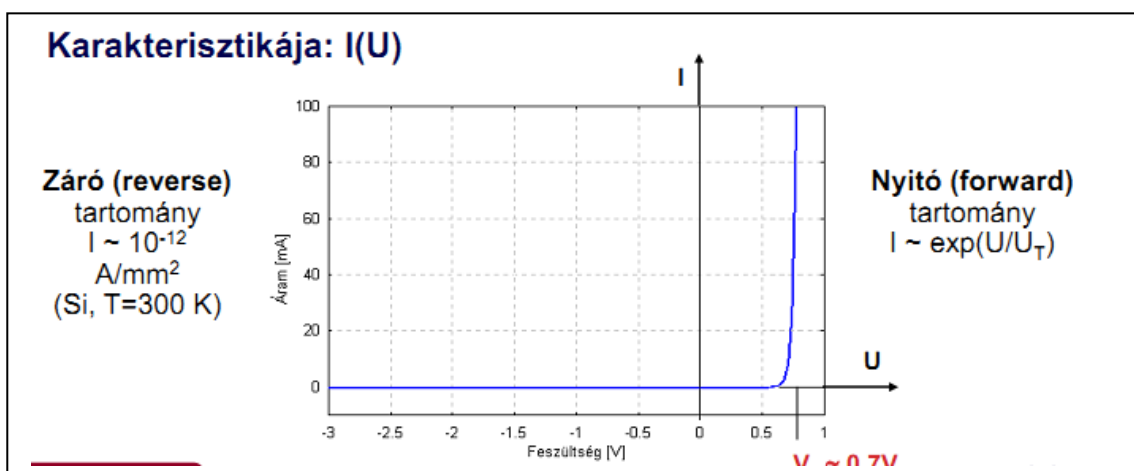
- pn átmenet: olyan egykristályos félvezető tartomány, amelyben egymással érintkezik egy p és egy n típusú zóna.
- Az 1 db. pn átmenetből álló eszköz a dióda



18. A dióda szimbóluma és a kivezetések neve.



19. Dióda karakterisztikája.



20. Az ideális és valós dióda karakterisztika egyenlete.

Ideális karakterisztika: $I = I_0(e^{\frac{U}{U_T}} - 1)$

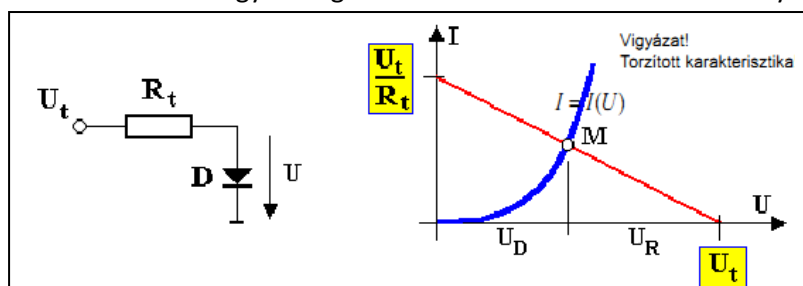
Valós Karakterisztika: $I = I_0\left(e^{\frac{U}{mU_T}} - 1\right)$

- m : a dióda idealitási tényezője, általában $1 < m < 2$, mérésrel lehet megállapítani.

21. Dióda munkapontjának meghatározása a karakterisztika ismeretében.

Az áramkörre felírt huroktörvényből: $U_t = IR_t + U$, azaz $I = \frac{U_t - U}{R_t}$

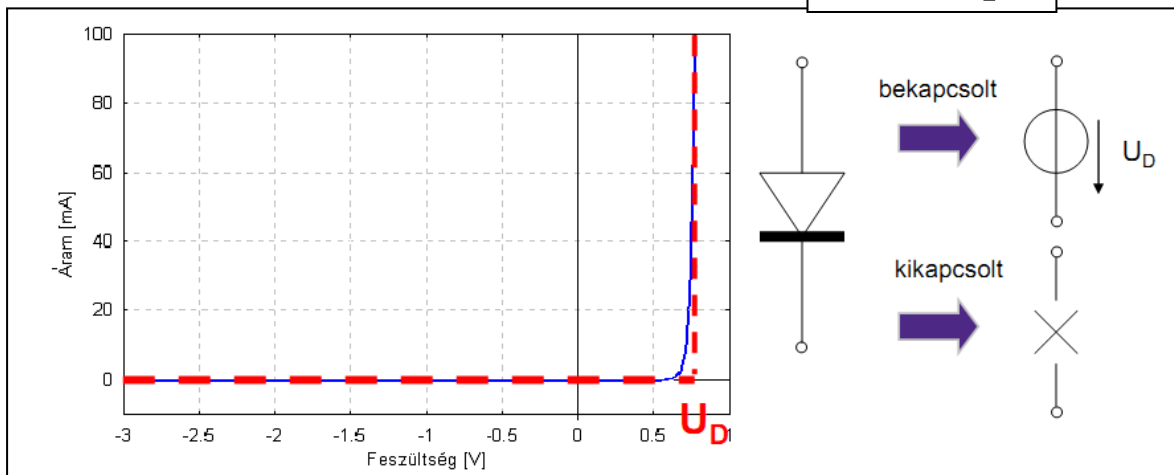
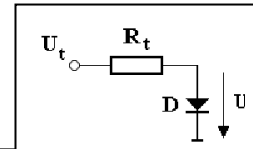
- Az áramkörben kialakuló munkapontot a két függvény metszéspontja adja.
- Ha a karakterisztika egyenlet grafikusan adott – a szerkesztés könnyen elvégezhető.



22. Dióda munkapontjának meghatározása közelítő módszerrel.

- Kihasználjuk, hogy az exponenciális függvény igen meredek...
- A bekapcsolt (= nyitóirányú áramot vezető) diódát egy U_D feszültségforrással, a kikapcsolt diódát pedig szakadással helyettesítjük.
- A helyettesítő feszültségforrás feszültségét, U_D -t az adatlapból állapítjuk meg, Si diódára kb. 0,7V
- Mivel az ellenállás egyik végén a tápfeszültség, másik végén közelítőleg a dióda feszültség van, ezért

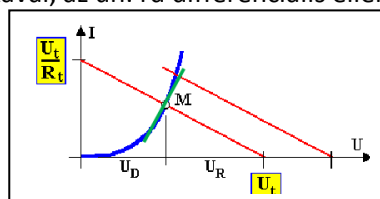
$$I = \frac{U_t - U_D}{R_t}$$



23. A dióda differenciális ellenállása.

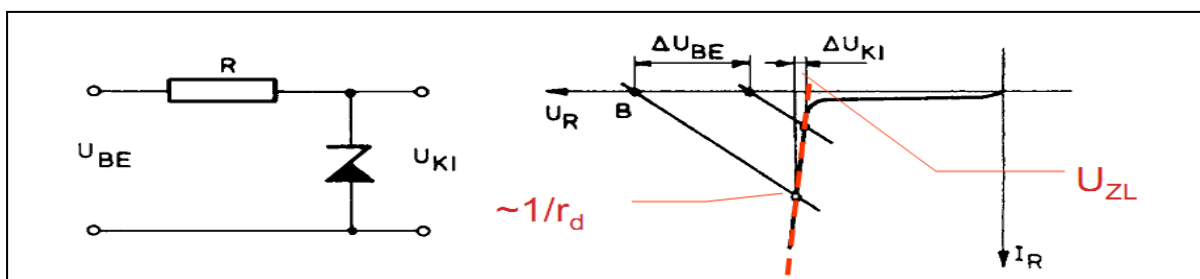
A tápfeszültség változása csak kisebb mértékű változást okoz a munkaponti mennyiségekben. Kis változásokra a dióda karakterisztika lineárisnak tekinthető, és a munkapontban a munkapontbeli érintővel gd ill. annak reciprokával, az ún. rd differenciális ellenállással helyettesíthető.

$$r_d = \frac{\partial U}{\partial I} = \frac{mU_T}{I}$$



24. Zener diódás feszültségstabilizáló kapcsolás.

- A letörési, igen meredek karakterisztikát használjuk ki.
- A karakterisztikán látható, hogy nagy bemeneti feszültségváltozások esetén is a Zener dióda feszültsége keveset változik.



25. Váltakozó feszültség effektív értéke.

Megjegyzés: egy váltakozó feszültség effektív értéke az az egyenfeszültség, amely a rákapcsolt ellenálláson ugyanakkora munkát végez.

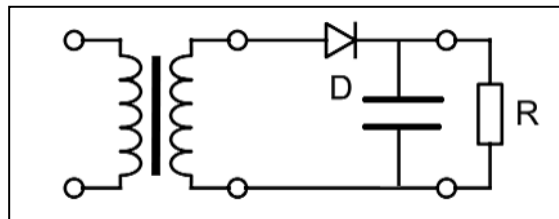
- Azaz: $\int_0^T U^2(t)dt = U_{eff}^2 T$, mivel a teljesítmény a feszültség négyzetével arányos.
- A konnektor feszültségének időfüggvénye tehát:
 $\sqrt{2} * 230 * \sin(2\pi 50t)$, azaz kb. 325V amplitúdójú, 50Hz frekvenciájú szinuszos jel

26. A transzformátor alaptulajdonságai.

- $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$
- Azonban a két oldalon a teljesítmény ideális esetben megegyezik, valós esetben pedig a szekunder oldali teljesítmény kisebb mint a primer oldali, a veszteségek miatt.
- Ideális esetben $U_1 I_1 = U_2 I_2$
- A fel (feszültségnövelés) és le (feszültség csökkentés) transzformálás is gyakran előfordul a gyakorlatban.
- Csak váltakozó áramra működik!
- Azaz a két oldal feszültségének aránya megegyezik a menetszámok arányával.

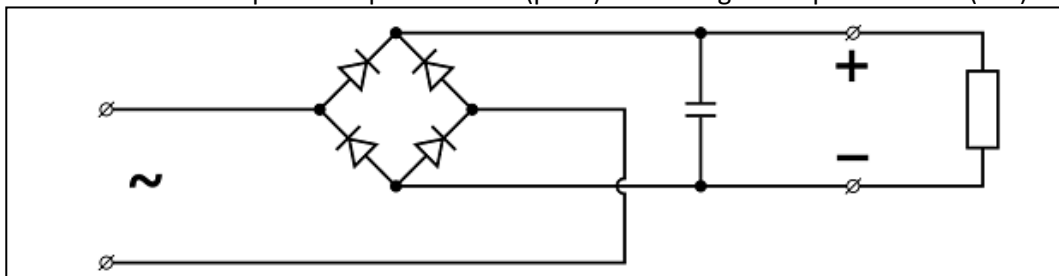
27. Egyutas egyenirányító kapcsolás diódával.

- A dióda csak nyitóirányba vezet, így áram csak a pozitív félperiódusban folyik.

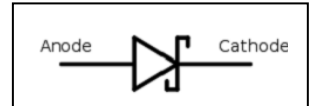


28. A Graetz híd.

- Négy diódát tartalmaz.
- Egy tokba szerelve kapható.
- Működése: pozitív félperiódusban (piros) illetve negatív félperiódusban (kék)



29. A Schottky dióda szimbóluma és alapvető tulajdonságai.



- Fém-félvezető átmenet, de hasonló tulajdonságokkal bír, mint a pn átmenet.
- Valójában az első, detektoros rádiókban használt kristályba nyomott tűk Schottky átmenetek voltak.
- Egyenirányító tulajdonságú, 0,2-0,4V nyitófeszültségnél már igen nagy árammal vezet. (Ez kedvezőbb a Si pn átmenet esetén lévő 0,7V-nál)
- Gyorsabb, mint a Si dióda.
 - Ennek pontos fizikai okaival részletesebben nem foglalkozunk.

30. A dióda karakterisztikájának hőmérsékletfüggése.

- Adott áram mellett a pn átmenet feszültsége meglehetősen hőmérsékletfüggő.
- A hőmérsékleti tényező kb. 2mV/°C, azaz kényszerített áram mellett a nyitófeszültség 1°C hőmérsékletnövekedés hatására 2mV-ot csökken. Ez a változás széles hőmérsékleti tartományokban nagyon jó közelítéssel lineárisnak tekinthető.

31. Fényemittáló diódák anyagai.

- LED-ek gyártására használt elemek: III és V oszlop a periódusos rendszerben.
 - GaAs
 - InP
 - AlGaAs
 - AlInGaP
- Összetétel változása:
 - Sáv szerkezet (tiltott sáv szélesség)
 - n/p típus

32. Mitől függ a fényemittáló dióda által kibocsátott fény hullámhossza?

A hullámhossz (szín) a tiltott sáv szélességétől (E_{gap}) függ, ami pedig a pn átmenet anyagi minőségétől függ, és a III. illetve az V. oszlopbeli elemek arányával beállítható.

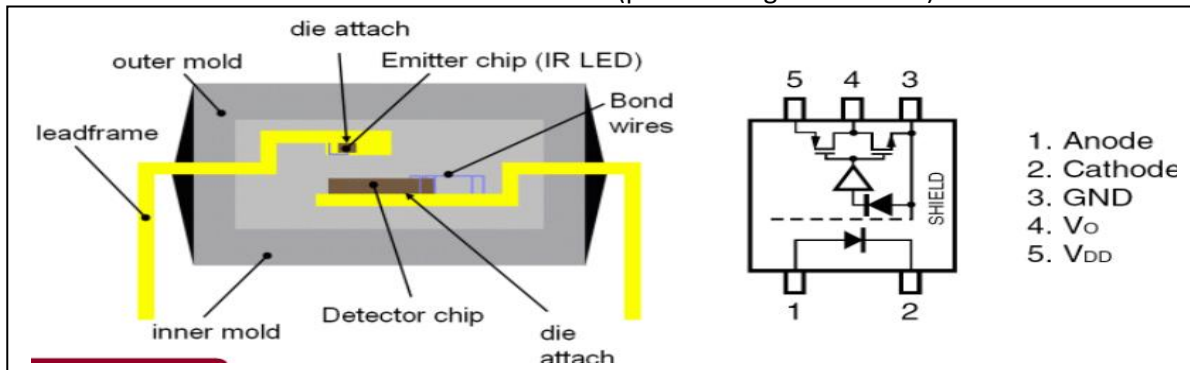
$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_{gap}$$

33. Fotodióda, fotoáram.

- Záró irányban generációs áram folyik a kiürített rétegben, mivel a generációs/rekombinációs jelenségek az egyensúly visszaállítására törekednek.
- Ellentétes mechanizmus, mint a rekombináció, elektron-lyuk párok keletkeznek, amit a nagy térerősség elválaszt egymástól.
- Foton elnyeléssel többlet generáció lesz, emiatt megnövekszik az áram, ez lesz az ún. **fotoáram**.
- A lezárt pn átmenet tehát jó fényérzékelőnek -> **fotodióda**
- Nagy megvilágítási tartományban működik. Generációra az a foton képes, amelynek energiája nagyobb, mint a tiltott sáv szélessége.

34. Az optocsatolás.

- Galvanikusan szeparált adatátviteli út kialakításához használt.
- Nagy sebesség (pl. 15Mbps) érhető el.
- Bemenet: pl. GaAs LED
- Kimenet: Si fotodióda + kimeneti interfész (pl. CMOS logikai áramkör)



35. Tranzisztorok fajtái és csoportosításuk.

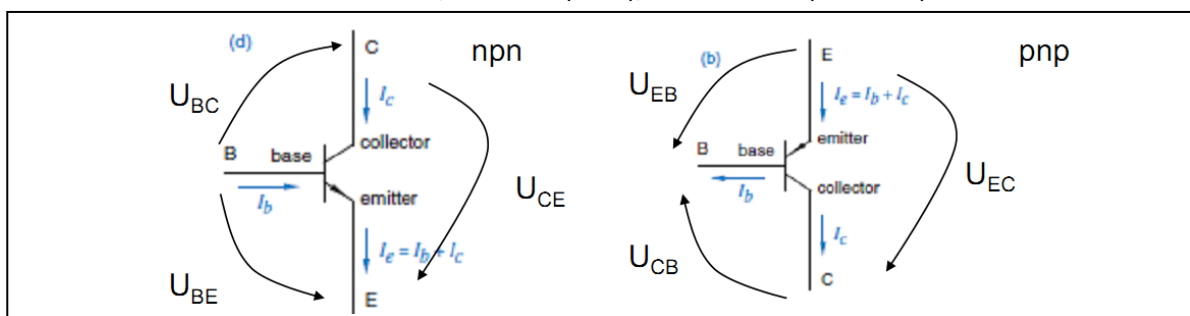
- Erősítő eszközként (analóg áramkörökben)
 - Erősítő: a kimeneten mért teljesítmény nagyobb, mint a bemeneten mérhető teljesítmény. Az ehhez szükséges energiát általában egy egyenfeszültségű forrás biztosítja.
 - Azaz pl. a transzformátor nem erősítő: hiszen a szekunder oldalon a teljesítmény nem haladja meg a primer oldali teljesítményt.
- Kapcsolóként
 - Kis bemeneti teljesítményigénnyel a kimeneten a nagyteljesítményű terhelés ki/bekapcsolható.
 - Digitális áramkörökben logikai kapuk megvalósítása.

Fajtái:

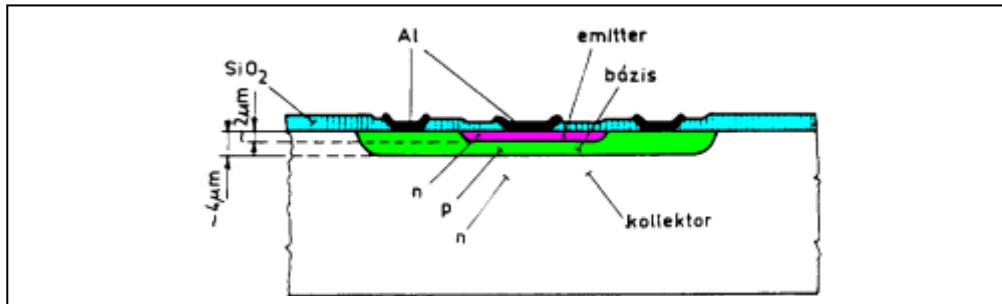
- Bipoláris: áram vezérelt, a kimeneti kivezetések szerepe nem felcserélhető.
- Térvezérlésű (Field effect, FET) feszültségvezérelt, unipoláris eszköz.

36. A bipoláris tranzisztor rajzjele, az egyes kivezetések neve. (nnp és pnp egyaránt)

E – emitter, B – bázis (base), C – kollektor (collector)



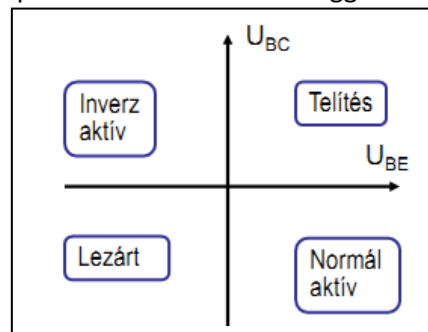
37. Az npn bipoláris tranzisztor felépítése.



38. A bipoláris tranzisztor üzemállapotai.

- Mivel a tranzisztor két pn átmenettel rendelkezik, a pn átmenetek áramától függően összesen négy üzemmód létezik.

	BE átmenet	BC átmenet
Normál-aktív	nyitott	zárt
Inverz-aktív	zárt	nyitott
Telítési	nyitott	nyitott
Lezárt	zárt	zárt



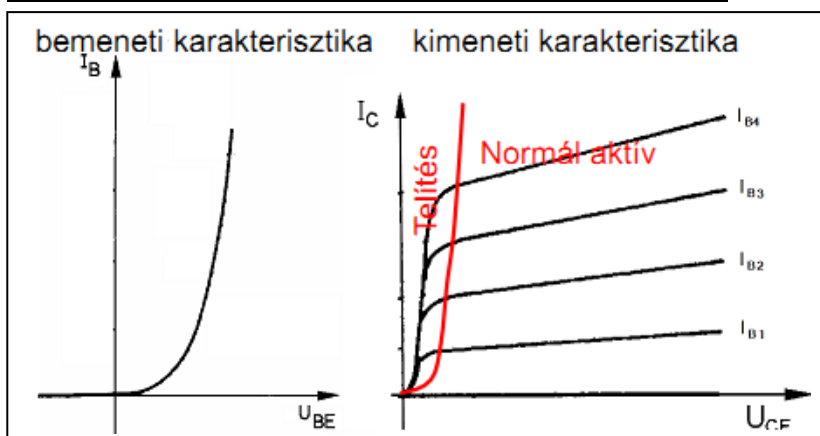
39. A földelt bázisú áramerősítési tényező definíciója és jellemző értéke.

- $I_C = A_N I_E$
- ahol A_N a normál aktív, földelt bázisú, egyenáramú áramerősítési tényező.
- $A_N \rightarrow 1$, jellemző értéke 0,98.. 0,995, a tranzisztor struktúrát ugyanis erre optimalizálták.

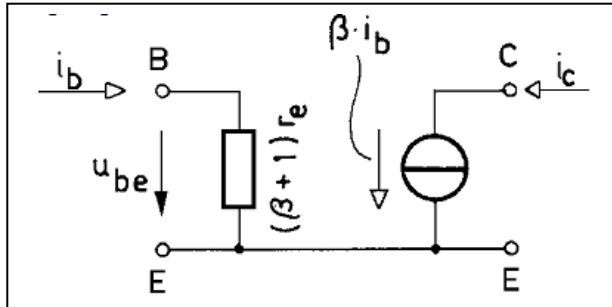
40. A földelt emitteres áramerősítési tényező definíciója és jellemző értéke.

- $I_C = \frac{A_N}{1-A_N} I_B = B_N I_B$
- Ahol B_N normál aktív, földelt emitteres áramerősítési tényező.
- Szokásos értéke: 50.. 200.

41. A földelt emitteres bemeneti és kimeneti karakterisztika.



42. Bipoláris tranzisztor kételemes, földelt emitteres kisjelű helyettesítő képe.



43. Az ideális feszültséggerősítő tulajdonságai.

- Bemenetén áram nem folyik
- A kimenetén mért feszültség a bemeneti feszültséggel egyenesen arányos:
- $v_0 = A v_i$
- Egy feszültségvezérelt feszültségforrással modellezhető.

44. A valós feszültséggerősítő tulajdonságai.

- bemenetén a rákapcsolt feszültségtől függő áram folyik.
- a kimenetén lévő feszültség pedig függ a kimeneti terheléstől.
 - Pl. pontosan milyen hangszórót használunk egy audio erősítő esetén...
- Ezeket a hatásokat a legegyszerűbb esetben egy-egy ellenállással modellezhetjük, azaz az ideális feszültséggerősítőt ki kell egészíteni
 - egy R_i bemeneti ellenállással, (input resistance) és
 - egy R_o kimeneti ellenállással. (output resistance)
- Az A erősítési tényezőt pedig üresjárási vagy névleges erősítésnek hívjuk.

45. A Bode diagramm.

- Lineáris rendszerek átvitelének (egy egy bemenetű és egy kimenetű rendszer átviteli karakterisztikája) ábrázolására szolgál.
- Az $A(\omega) = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$ átviteli függvényt ábrázoljuk. Ha U_{ki} amplitudójú, ω frekvenciájú szinuszos jelet teszünk a hálózat bemenetére:
 - $U_{be}(t) = U_1 \cos(\omega t)$, a kimeneten $U_{ki}(t) = U_2 \cos(\omega t + \varphi)$ függvényt mérhetjük
 - az átvitel abszolút értéke $\frac{U_2}{U_1}$, a bemenet és a kimenet között pedig φ fázistolás van.

46. A decibel skála.

- Az átvitel abszolút értékét és a fázistolást ábrázoljuk a frekvencia függvényében logaritmikusan.
 - Az $|A|$ mértékegysége a dB (decibel)
 - $A|_{dB} = 20 \log A$, amennyiben az átvitel feszültségre, vagy áramra vonatkozik.
 - Ha teljesítményre, akkor $P|_{dB} = 10 \log P$

47. A határfrekvencia és a tranzitfrekvencia definíciója.

- **Határfrekvencia:** f_h az a pont, ahol az erősítés a névleges erősítésnél 3dB-el kevesebb. (a névleges érték 2-ed része, kb. 70%-a)
- **Tranzitfrekvencia:** az a frekvencia, ahol az erősítés abszolút értéke 1-re csökken. (Más néven erősítés-sávszélesség szorzat, GBW)

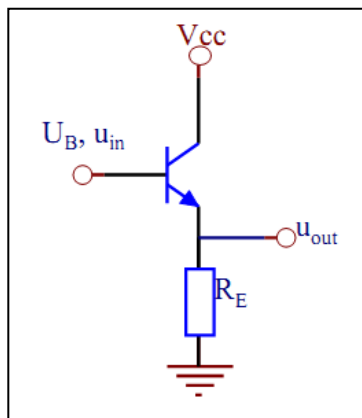
48. Bipoláris tranzisztor munkapontjának közelítő számítása normál aktív üzemmódban.

- Egyszerű, de a gyakorlatban jól használható közelítést keresünk.
- A bemeneti karakterisztikát a diódához hasonlóan egy megadott, U_{be} feszültségforrással közelítjük. Szokásosan $U_{be} \sim 0,7V$.
 - Ez alapján általában már tudunk áramot számítani.
- A kimeneti karakterisztikát:
 - NORMÁL AKTÍV tartományban, $I_C = \beta I_B$, ha $U_{CE} > U_{CES}$

49. Bipoláris tranzisztor munkapontjának közelítő számítása telítési üzemmódban.

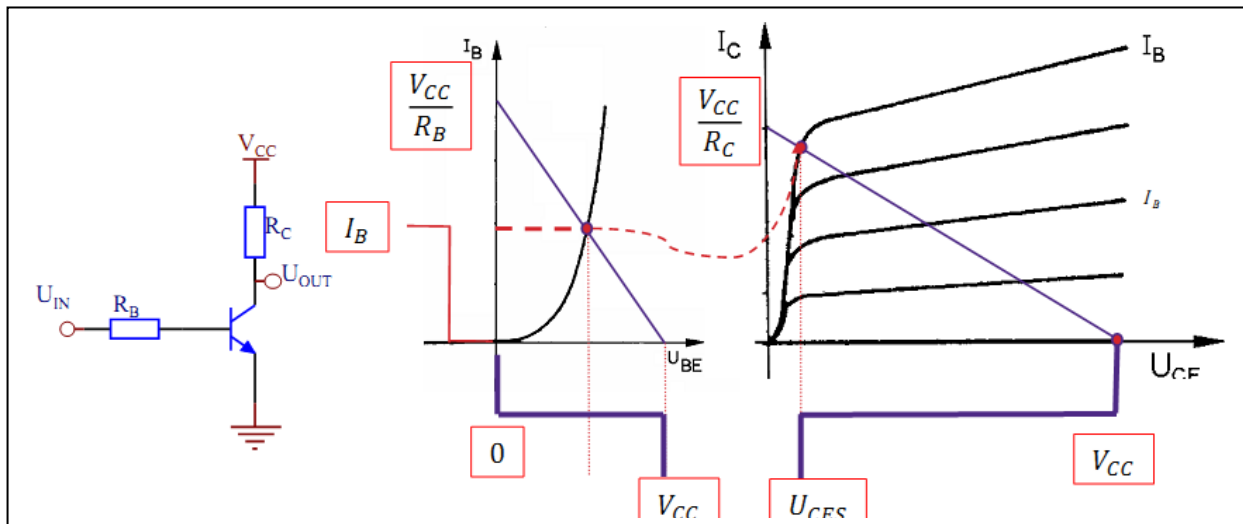
- TELÍTÉSBEN: $U_{CE} = U_{CES}$
- ahol U_{CES} a telítési feszültség, szokásos értéke 0,1V..0,3V.

50. Az emitterkövető kapcsolási rajza



51. A bipoláris tranzisztor kapcsoló üzemű működése.

- A tranzisztor bázisára kapcsolt feszültséggel kapcsoljuk ki/be az RC ellenállással ellátott fogyasztót.
- Ha a bemenet 0V, bázisáram nem folyik, akkor a tranzisztor lezár, kollektoráram sem folyik.
 - Ez a kikapcsolt állapot.
- Bekapcsoláskor a bemenetre egy nagyobb feszültség, pl. a tápfeszültség kerül.
 - Ennek hatására bázisáram indul meg. $I_B = \frac{(V_{cc} - U_{BE})}{R_B}$ a szokásos közelítést alkalmazva.
 - Ha a kapcsolás jól van méretezve, a tranzisztor telítésbe kerül, így $U_{CE} = U_{CES}$
 - A terhelés árama pedig: $I_C = \frac{(V_{cc} - U_{CES})}{R_C}$



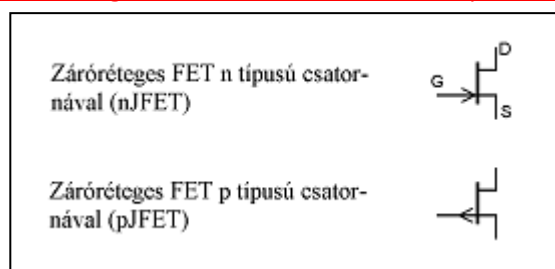
52. Térvézérelt tranzisztorok működésének alapelve.

- Működésük alapelve, hogy egy térrészen átfolyó áramot úgyszabályozunk, hogy külső elektromos erőterrel megváltoztatjuk
 - a félvezető vezetőképességét (MOS), ill.
 - a rendelkezésre álló keresztmetszetet. (JFET)

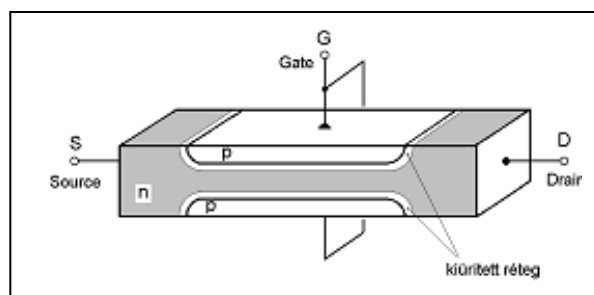
53. Térvézérelt tranzisztorok alapvető tulajdonságai.

- Bemenő (egyen!) áramuk közel 0.
- A vezérlés kis teljesítményigényű.
- Kisebb helyigényűek a bipoláris tranzisztorhoz képest, ezért integrált áramköri megvalósításra alkalmasabbak.
- Szimmetrikus eszközök, azaz a kimeneti kapcsok felcserélhetők – ez a tranzisztorfajta unipoláris.

54. Záróréteges térvézérlésű tranzisztor kapcsolási rajzjele és az egyes kivezetések neve. (p és n)



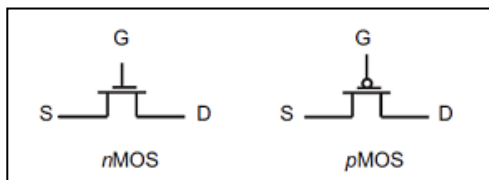
55. N csatornás JFET keresztmetszete.



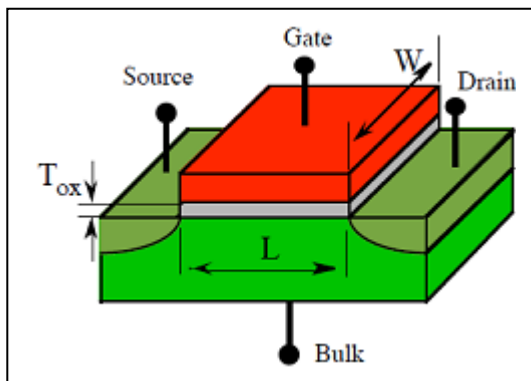
56. Az elzáródási feszültség fogalma.

- A source és drain elektródák közötti többségi töltéshordozó áramot a gate elektródára kapcsolt feszültséggel tudjuk változtatni azáltal, hogy változtatjuk a záróirányba előfeszített pn átmenet feszültségét.
 - A két elektróda közötti tartományt csatornának hívjuk.
 - Ha a zárófeszültség nagyobb, a kiürített réteg szélesebb, és lecsökken a két elektróda közötti csatorna, azaz az áramvezetésre használható tartomány keresztmetszete.
 - Ha a zárófeszültséget csökkentjük, a kiürített réteg szélessége is csökken, a csatorna szélessége, azaz áramvezetés keresztmetszete megnövekszik.
 - Nagy zárófeszültség a kiürített réteg teljes szélességében elzárja a csatornát.
 - Ez az ún. elzáródási feszültség, V_p

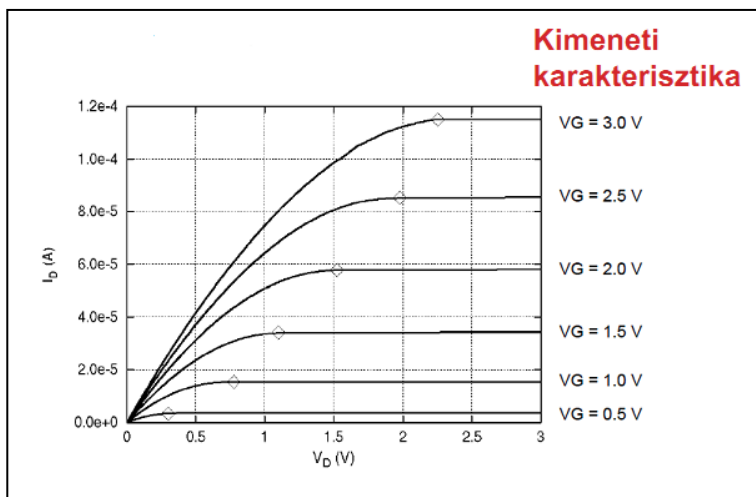
57. MOS tranzisztor rajzjele és az egyes kivezetések neve. (nMOS, pMOS)



58. MOS tranzisztor keresztmetszete.

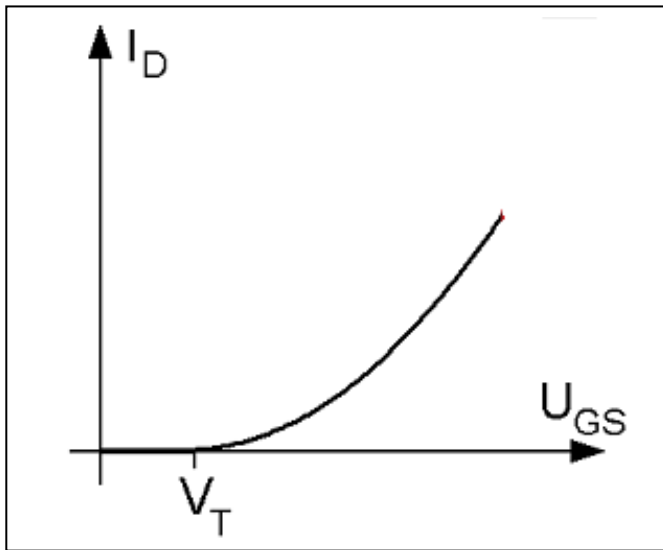


59. MOS tranzisztor kimeneti karakterisztikája.



- Kimeneti: $I_D = f(U_{DS})$
paraméter: U_{GS}

60. MOS tranzisztor transzfer karakterisztikája telítésben.



61. A MOS tranzisztor telítési karakterisztika egyenlete.

$$I_D = \frac{W}{L} \frac{\mu_n}{2} \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}} (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{K}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$$

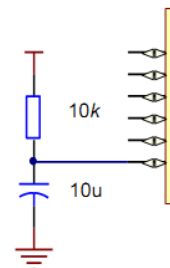
1. RC késleltető tag.

- Bekapcsoláskor: $U_{be} = U_0 \xrightarrow{\text{ezért}}$ $U_{ki}(t) = U_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
- Kikapcsoláskor: $U_{ki}(0) = U_0 \xrightarrow{\text{ezért}}$ $U_{ki}(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
- $\tau = RC$ (időállandó: Az időállandó megadja, hogy mennyi ideig tart, amíg az eltérés az állandósult állapotból e-d részére csökken. Az eltérés 5τ idő alatt már kevesebb mint 1%)

A *RESET* bemenet komparálási feszültsége (ami alatt a bemenő jelet logikai alacsony, ami felett pedig logikai magas szintnek érzékeli a logikai áramkör) a tápfeszültség 60%-a.

$$0,6V_{CC} = V_{CC} (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$t = RC \ln 2.5 \approx 100\text{ms}$$



2. Zener diódás feszültségstabilizátor.

Pl. a gyakorlatvezető által megadott paraméterek: $R=200\ \Omega$, a Zener letörési feszültsége 6,8V, differenciális ellenállása $2\ \Omega$, a bemenő feszültség 15V, ingadozása 1V.

Mivel a bemeneti feszültség meghaladja a Zener letörési feszültségét, a Zener dióda letörésben fog működni, feszültsége kb. 6,8V. A kapcsolási rajz alapján ekkor az áram:

$$I = \frac{U_{in} - U_{br}}{R} = \frac{15 - 6,8}{0,2} = 41\text{mA}$$

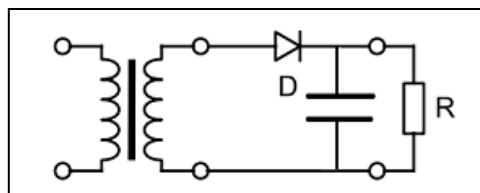
A kimenet feszültsége pedig megegyezik a Zener diódán mérhető feszültséggel, azaz:

$$U_{out} \sim 6,8\text{V}$$

a munkapont környéki kis változásokra a Zener diódát a differenciális ellenállással helyettesíthetjük. A kimeneti feszültségváltozást egy ellenállásosztás után kapjuk:

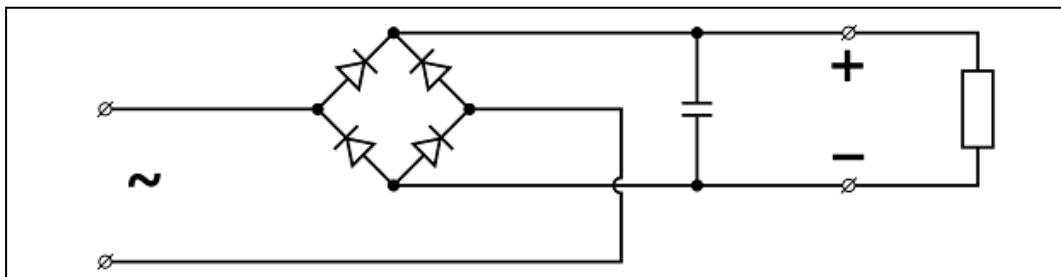
$$U_{out} = \frac{r_d}{R + r_d} U_{in} = \frac{2}{200} 1 = 10\text{mV}$$

3. Egyutas egyenirányító kapcsolás pufferkondenzátorral.



$$V(T) = V_m e^{-\frac{T}{RC}} \rightarrow \Delta V = V_m (1 - \exp(-\frac{T}{RC}))$$

4. Graetz hidas egyenirányító kapcsolás pufferkondenzátorral.



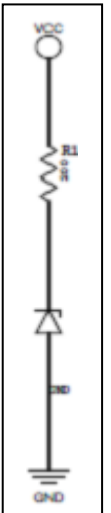
$$U_{max} = U - 2U_D$$

$$I_{max} = \frac{U - 2U_D}{R}$$

5. Dióda (LED stb.) meghajtása egyenfeszültségről, előtét ellenállással.

- A szükséges ellenállás I_L a munkapont, U_L a munkapont feszültsége:

$$R = \frac{V_{CC} - U_L}{I_L}$$



6. Fogyasztó ki/be kapcsolása npn tranzisztorral.

- Ha a bemenet 0V, bázisáram nem folyik, akkor a tranzisztor lezár, kollektor áram
- sem folyik.
 - Ez a kikapcsolt állapot.
- Bekapcsoláskor a bemenetre egy nagyobb feszültség, pl. a tápfeszültség kerül.
 - Ennek hatására bázisáram indul meg. $I_B = \frac{(V_{CC} - U_{BE})}{R_B}$ a szokásos közelítést alkalmazva.
 - Ha a kapcsolás jól van méretezve, a tranzisztor telítésbe kerül, így $U_{CE} = U_{CES}$
 - A terhelés árama pedig: $I_C = \frac{(V_{CC} - U_{CES})}{R_C}$

