

A 2010/2011 tanév villamos gyakorlatain tartandó előadások vázlata

a 10. évfolyam számára

Tartalomjegyzék

1. Első előadás.....	3
1.1. Bevezetés.....	3
1.1.1. A mérnök ismérvei.....	3
1.2. Biztonságtechnika.....	4
1.2.1. A biztonságtechnika területei.....	4
1.2.2. Munkavédelem.....	4
1.2.2.1. Veszélyforrások csoportosítása.....	6
1.2.2.2. A munkavédelem eszközrendszere.....	7
1.2.2.3. Egyszerű példa a világítási rendszer veszélyeinek szemléltetésére.....	7
1.2.2.4. Általános műhelyrend.....	9
1.2.3. Érintésvédelmi oktatás.....	10
1.2.3.1. Érintésvédelmi osztályok.....	12
1.2.4. Tűzvédelem.....	14
1.3. Veszélyhelyzet esetén a teendők.....	16
1.4. Villámvédelem.....	16
1.5. A műhelyben található eszközök ismertetése.....	17
1.6. Projektismertetés.....	17
1.6.1. Az oktató által javasolt projektfeladatok.....	17
1.7. Számonkérések formái.....	18
1.8. Az első előadáshoz kapcsolódó ellenőrző kérdések.....	19
2. Második előadás.....	20
2.1. Bevezetés.....	20
2.2. Határértékek.....	20
2.3. Jellemzők.....	20
2.4. Gyártástechnológiák.....	20
2.4.1. Furatszerelt technológia.....	21
2.4.1.1. Passzív THT alkatrészek.....	21
2.4.1.1.1. Ellenállás.....	21
2.4.1.1.1.1. Ellenállások csoportosítása.....	23
2.4.1.1.1.2. Az ellenállások tokozása.....	24
2.4.1.1.1.3. Ellenállássorok.....	30
2.4.1.1.2. Kondenzátor.....	31
2.4.1.1.2.1. A kondenzátorok csoportosítása.....	31
2.4.1.1.3. Induktivitás.....	40
2.5. Mechanikai megmunkálások a nyáklemez gyártása során.....	43
2.5.1. NYÁK lemez története, bevezetés.....	43
2.5.2. NYÁK anyaga.....	45
2.5.3. Méretre vágás eszközei.....	46
2.5.4. Furatok, viák elkészítésének eszközei.....	46
2.6. A második előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések.....	47
3. Harmadik előadás.....	48

<u>3.1.1.1. Aktív THT alkatrészek tokozása</u>	48
<u>3.1.1.1.1. Dióda</u>	48
<u>3.1.1.1.1.1. Diódák csoportosítása</u>	48
<u>3.1.1.1.1.2. Dióda tokozásai</u>	49
<u>3.1.1.1.2. Tranzisztor</u>	51
<u>3.1.1.1.3. Integrált áramkör</u>	53
<u>3.1.2. Felületszerelt technológia</u>	53
<u>3.1.2.1. A THT és az SMT összehasonlítása</u>	53
<u>3.2. A harmadik előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések</u>	54
<u>4. Negyedik előadás</u>	55
<u>4.1. A NYÁK-gyártás folyamata</u>	55
<u>4.1.1. Additív technológia</u>	55
<u>4.1.2. Szubtraktív technológia</u>	55
<u>4.1.3. Additív és szubtraktív technológia rövid összehasonlítása</u>	58
<u>4.1.4. A gyakorlatokon történő NYÁK gyártás</u>	58
<u>4.1.4.1. Kézi NYÁK tervezés</u>	58
<u>4.1.4.2. NYÁK tervezés CAD szoftver segítségével</u>	59
<u>4.2. Forrasztási alapok ismételése</u>	60
<u>4.2.1. Forrasztási folyamat ismertetése</u>	60
<u>4.2.2. Forrasztás a gyakorlatban</u>	61
<u>4.2.3. Néhány jó tanács a gyakorlatokon történő forrasztáshoz</u>	62
<u>4.3. A negyedik előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések</u>	63

1. Első előadás

1.1. Bevezetés

A technikus szakmánk közép-, míg a mérnök felsőfokú képviselője. A magyar mérnök szó – az egyéb nyelvekben megjelenő engineer, ingenieur, stb. szavakkal – ellentétben jelzi szakmánk legfontosabb részterületét, a mérés tudományát. Függetlenül attól, hogy egyesek a gépészet, az elektronika, a vegyészet, az építészet, stb. területének képviselői, a mérés folyamatának mélyreható ismerete és gyakorlása összeköti őket. A technikust bár a szakmai ismeretei korlátozottabbak ugyanazon tulajdonságok jellemzik, mint a mérnököt.

Az első előadáson a diákok megismerkednek az általános munka-, érintés- és tűzvédelmi előírásokkal. Ismertetésre kerül a műhelyben tolerált viselkedési forma. Megbeszéljük a szükséges felszerelést, valamint a követelményrendszert. Az éves projektfeladat elvégzéséhez megtörténik a csoportbeosztás.

1.1.1. A mérnök ismérvei

Széles látókör:

A tudomány minden területéről vannak ismeretei, bármely részterület képviselőjével tud értelmes párbeszédet folytatni. Az alaptudományok (matematika, fizika, kémia, biológia) területén a tudása jó, a szaktudományok (gépészet, villamosság-tan-elektronika, energetika, vegyészet, stb.) területén megfelelő, saját szakmájában pedig kiváló. A műszaki területek között látja a kapcsolódási pontokat, a határterületekről részletes információval rendelkezik. A humán tudományok ismereteit megfelelő szinten birtokolja – általános műveltsége nem hagy maga után kívánnivalót.

A mérnöki munkához való elengedhetetlen

készségek birtoklása:

A mindennapi munkavégzéshez szükséges a fantázia és az ötletesség. Minden feladatot többféleképpen is el lehet látni, de a mérnöknek minden esetben a lehető legszínvonalasabban, és elegánsan kell a munkáját végeznie. A mérnöki kérdésfelvetés különleges embertípust kíván. Az idealizált modellek és a valóság, az elmélet, a gyakorlat és a mérés hármásának egymást erősítő összeegyeztetése nem egyszerű feladat. A problémafelvető, -elemző, -rendszerező és -megoldóképességek elengedhetetlenek. A mérnök függetlenül attól, hogy mely részterületen tevékenykedik szakmáját mind elméletben (jó fogalmazási és kommunikációs készség, didaktikai ismeretek, előadói képesség, jó memória és felfogóképesség), mind gyakorlatban (megfelelő kezűgyesség, gyakorlati érzék) magas fokon ismeri, és gyakorolja. A mérnök konstruktív kritikával szemlélettel végzi munkáját, és segíti munkatársait. Lelkesedés és kitartás, valamint antikonvencionális¹ jellemzi a mérnököt. Egészséges önbizalma mellett a realitások iránti érzéke kifogástalan (műszaki érzék, műszaki véna).

¹ A megszokott, hagyományos, közkeletű sémák elvetése. A képesség az új dolgok iránti érdeklődésre és hasznosításra.

Első előadás

Etikai tulajdonságok: A mérnök minden esetben – a hivatalos és a magánéletben is – igényességet mutat szakmája és az erkölcs irányában. Nem vállal olyan munkát amit nem tud kivitelezni, vagy aminek elvégzéséhez szükséges ismeretek területén hiányossággal rendelkezik. Csak olyan dokumentumot jegyez ellen, aminek helyességéről meggyőződött. Nem állít valótlan, akit ilyen cselekményen kap azt elszámoltatja. A mérnököt becsületes és példamutató életvitel jellemzi. A munkáját felelősséggel és lelkiismeretesen végzi.

„A mérnök hivatásának gyakorlása során az emberek biztonságát, egészségét, jólétét, a természeti környezet ésszerű védelmét tekintse mindenek felett állónak!”

1.2. Biztonságtechnika

1.2.1. A biztonságtechnika területei

- Munkavédelem
- Tűzvédelem
- Polgári védelem
- Vagyonvédelem

A továbbiakban mi a munkavédelem és tűzvédelem területét vizsgáljuk meg részletesen, mivel szakmánkhöz ezek elengedhetetlenül szükségesek.

1.2.2. Munkavédelem

A munkavédelmet az 1993. évi XCIII. törvény szabályozza. A törvény hatálya kiterjed minden szervezett munkavégzésre, függetlenül attól, hogy az milyen szervezeti vagy tulajdoni formában történik. A törvényt nem csak a munkát végző személyekre, hanem a munkavégzés hatókörében tartózkodó összes személyre alkalmazni kell². Rendkívüli munkavégzés, a fegyveres és rendvédelmi szervek, valamint a BV keretében végzett munkák során – különlegesen indokolt esetben – az illetékes miniszter rendeletében a törvényben foglaltaktól eltérő követelményeket is megállapíthat.

Részlet a törvényből: „E törvény célja, hogy az Alkotmányban foglalt elvek alapján szabályozza az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés személyi, tárgyi és szervezeti feltételeit a szervezeten munkát végzők egészségének, munkavégző képességének megóvása és a munkakörülmények humanizálása érdekében, megelőzve ezzel a munkabaleseteket és a foglalkozással összefüggő megbetegedéseket.”

² Közterületi munkavégzés esetén ezért alkalmazunk elkerítést, üzemlátogatás esetén ezért kötelező a védőfelszerelések (pl. védősisak) használata.

Munkavédelem: a szervezett munkavégzésre vonatkozó munkabiztonsági és munkaegészségügyi követelmények, továbbá e törvény céljának megvalósítására szolgáló törvénykezési, szervezési, intézményi előírások rendszere, valamint mindezek végrehajtása. A munkaegészségügy a munkahigiéna és a foglalkozás-egészségügy szakterületeit foglalja magában.

Szervezett munkavégzés: „a munkaviszonyban, a közszolgálati, illetve a közalkalmazotti jogviszonyban, szövetkezeti tagság esetén a munkaviszony jellegű jogviszonyban, a szakképző iskolákban a tanulói jogviszony keretében a szakmai képzési követelmények teljesülése során, továbbá a tanuló szerződés alapján, a hallgatói jogviszonyban a gyakorlati képzés során, a büntetés-végrehajtási jogviszonyban (előzetes letartóztatásban, elítéltként), a közigazgatási határozat alapján, a fegyveres erők, a fegyveres szervek (ideértve a hivatásos önkormányzati tűzoltóságot és más rendvédelmi szervet), a katasztrófavédelem központi és területi szerveinek tagjai által szolgálati viszonyukban, a polgári szolgálatban, az önkéntes jogviszonyban végzett munka, valamint a munkáltató által kezdeményezett, irányított vagy jóváhagyott társadalmi munka.

Szervezett munkavégzésnek kell tekinteni továbbá a 40. § (2) bekezdésében foglaltak alkalmazása szempontjából a munkavállalót nem foglalkoztató gazdasági társaság természetes személy tagjának személyes közreműködésével végzett munkát is.”³

- Tanulói (hallgatói) jogviszonyban történő munkavégzés a gyakorlat során
- Munkaviszonyban történő munkavégzés
- Közszolgálati, köztisztviselői munkakörben történő munkavégzés
- Közigazgatási határozat alapján
- A munkáltató által kezdeményezett, irányított vagy jóváhagyott társadalmi munka
- Szolgálati viszonyban, büntetés-végrehajtási jogviszonyban, polgári szolgálatban végzett munka

Első előadás

A munkavégzés során különböző veszélyekkel és ártalmakkal találkozhatunk. A veszélyes tényező hatása meghatározott körülmények között sérülést, vagy más hirtelen fellépő egészségkárosodást (balesetet⁴), míg az ártalmas tényező hosszabb idő alatt megbetegedést, vagy munkaképesség-csökkenést okozhat. Vagyis a veszély és az ártalom között alapvetően a hatás kifejtésének idejében találunk különbséget.

Veszélyforrás: a munkavégzés során vagy azzal összefüggésben jelentkező minden olyan tényező, amely a munkát végző vagy a munkavégzés hatókörében tartózkodó személyre veszélyt vagy ártalmat jelenthet.

1.2.2.1. Veszélyforrások csoportosítása

- Fizikai veszélyforrások
 - Munkaeszközök, járművek, szállító- és anyagmozgató eszközök, valamint mozgásuk
 - Szerkezetek egyensúlyának megbomlása, szintkülönbségek, súlytalanság
 - Éles, sorjás, egyenetlen felületek, szélek és sarkok
 - A tárgyak hőmérséklete, a levegő hőmérséklete, nyomása, nedvességtartalma, ionizációja és áramlása
 - Zaj, rezgés, infra- és ultrahang
 - Világítás
 - Elektromágneses sugárzás, vagy tér
 - Részecskesugárzás
 - Elektromos áramköri, vagy statikus feszültség
 - Aeroszolok és porok a levegőben
- Veszélyes anyagok
 - Robbanó
 - Gyúlékony
 - Oxidáló
 - Sugárzó
 - Mérgező
 - Maró
 - Ingerlő
 - Szenzibilizáló

4 Mvt: „Baleset: az emberi szervezetet ért olyan egyszeri külső hatás, amely a sérült akaratától függetlenül, hirtelen vagy aránylag rövid idő alatt következik be és sérülést, mérgezést vagy más (testi, lelki) egészségkárosodást, illetőleg halált okoz. ... Munkabaleset: az a baleset, amely a munkavállalót a szervezett munkavégzés során vagy azzal összefüggésben éri, annak helyétől és időpontjától és a munkavállaló (sérült) közrehatásának mértékétől függetlenül.”

Első előadás

- Fertőző
- Rákkeltő
- Mutagén
- Teratogén
- Utódkárosító
- Egyéb egészségkárosító
- Biológiai veszélyforrások
 - Mikrobiológiai (baktériumok, vírusok)
 - Makrobiológiai (növények, állatok)
- Fiziológiai, idegrendszeri, pszichés igénybevétel

Ergonómia: az ember-gép környezet rendszerek optimalizálásának tudománya (emberközpontú kialakítás).

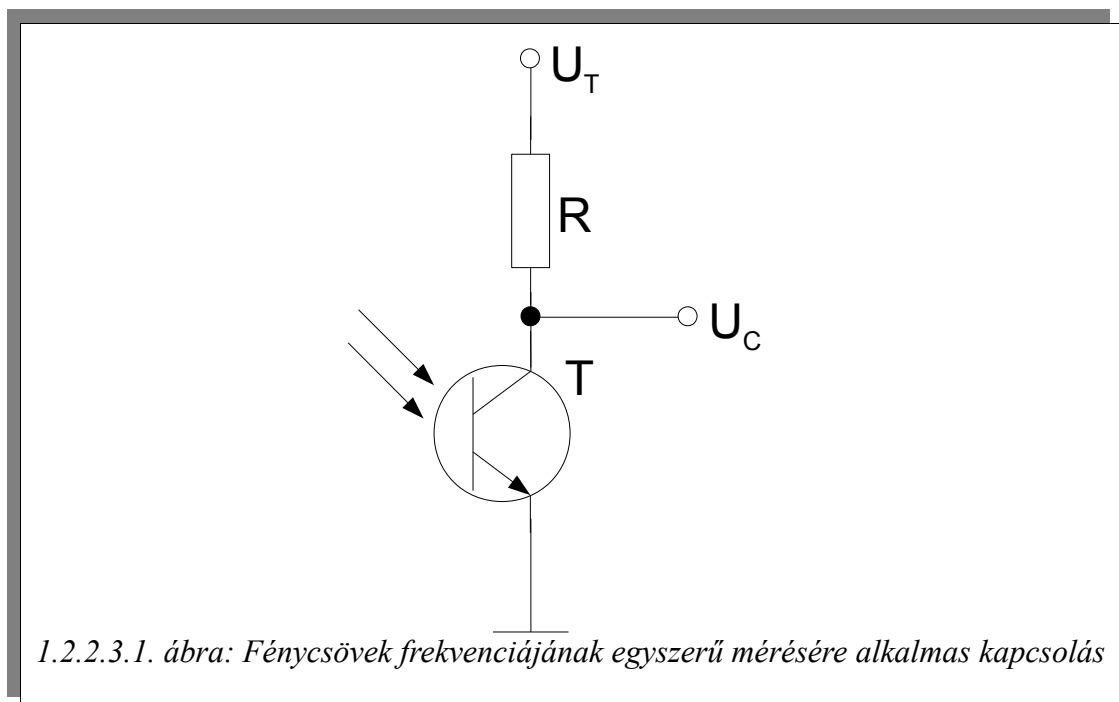
1.2.2.2. A munkavédelem eszközszerrendszere

- Műszaki és higiénés eszközök (biztonsági berendezések, védőfelszerelések, orvosi vizsgálatok)
- Jogi és igazgatási eszközök (munkavédelmi felügyelet, ellenőrzések, bírságok)
- Oktató, nevelő és felvilágosító eszközök (munkavédelmi oktatás)

1.2.2.3. Egyszerű példa a világítási rendszer veszélyeinek szemléltetésére

A fényforrások periodikus fényingadozása miatt a stroboszkóphatás⁵ elkerülésére a fényforrásokat eltérő fázisról kell üzemeltetni. A lámpák egységjeljesítményét úgy kell megválasztani, hogy minden, stroboszkóphatás szempontjából kritikus területet legalább két eltérő fázisra kapcsolt lámpa világítson meg, és ezek fénye megfelelő arányban keveredjen. Az olyan munkahelyeken, ahol forgógép, berendezés működik, amely a stroboszkóphatás szempontjából kritikus, egyfázisú táplálás esetén csak izzólámpás vagy ikerkapcsolású fénycsőves világítótesteket, ill. LED-es megvilágítást szabad alkalmazni!

⁵ A stroboszkóphatás azt jelenti, hogy a fázisváltozással megegyezően szinkronban forgó alkatrészt úgy látjuk, mintha állna. Ez azért veszélyes, mert a dolgozó így gyanútlanul hozzáérhet a veszélyes, forgó gépelemhez.



Az egyes munkafolyamatok előtt a szükséges munkavédelmi ismereteket, a szerszámok és gépek használatának veszélyeit szóban, ill. az adott foglalkozásokhoz tartozó előadásvázlatokban tárgyaljuk.

1.2.2.4. Általános műhelyrend

Az iskola teljes területén – így a műhelyben is – érvényesek a Btk. ill. a Ptk. rendelkezései, valamint az iskola házirendje. A műhely, és laboratóriumi foglalkozásokon a balesetek megelőzése érdekében szigorúbb rend uralkodik, mint egy elméleti órán. A következő szabályok be nem tartása esetén a diák figyelmeztetésben, intésben, a gyakorlati foglalkozástól való eltiltásban részesülhet:

- A műhelybe és laboratóriumba ételt italt, oda nem illő eszközöket⁶ behozni tilos!
- A műhelyben és laboratóriumban az általános viselkedési szabályokon felül szigorú fegyelem uralkodik. A helyiségbe belépni vagy azt elhagyni csak az oktató engedélyével lehet. A mindenkori munkát elméleti ismertetés előzi meg, amelyet a diákok csendben jegyzetelve hallgatnak végig. Az előadás közben felmerülő kérdéseket jelentkezés és felszólítás után tehetik fel. Az oktatót, vagy társainkat félbeszakítani csak különösen indokolt esetben (veszélyhelyzet) lehet. A teremben a hangoskodás, oda nem illő kifejezések használata tiltott!
- A munkavégzés során felmerülő kérdések tisztázása céljából a diák kérheti az oktató segítségét jelentkezés útján, amennyiben ez rövid idő után nem vezet eredményre, a „Tanár Úr!” megszólítást használva hívhatja fel magára a figyelmet. Az oktató a diákokat alapesetben tegezi, vagy magázza – külön kérésre átvált kizárólag magázó formába – a diákok az oktatót minden esetben magázzák. Mind az oktató, mind a diákok megadják egymásnak és társaiknak a kötelező tiszteletet.
- A munka megkezdése előtt az oktató és a diákok a helyükön vigyázzban állva üdvözlik egymást a napszaknak megfelelően. A köszöntést az oktató kezdi.
- Érdemjeggyel kapcsolatban csak érvekkel lehet javítást elérni – hangerővel nem. Amennyiben az oktató a dolgozat pontszámait elszámolta, vagy a számonkérés során fontos tényeket hagyott figyelmen kívül erre kulturált formában jelentkezés és felszólítás után hívjuk fel a figyelmét!
- Az oktató a diákokat mindig tájékoztatja a következő alkalommal várható számonkérésekből, azonban a munkavédelmi előírásokból bármikor – akár szóban, akár írásban – feleltethet.
- Aki az adott munkafolyamat területén nem rendelkezik elegendő munkavédelmi ismerettel – bár arról az oktató tájékoztatást adott – kérdéseit a munka megkezdése előtt kötelezően fel kell tennie – ezért őt retorzió nem érheti!
- A munkavégzés során a diákok egymás munkáját nem becsmérik, kérésre építő jellegű kritikát adhatnak. A diákok a saját munkájuk befejezése és értékelése után az oktató engedélyével segédkezhetnek társaiknak. A munka minősítéséhez egyedül az oktátónak van joga.
- A hatékony munkavégzés miatt az oktató eltérhet az általános 45 perces időkerettől és az órákat egybe is megtarthatja – természetesen tekintetbe véve az alapvető emberi szükségleteket.

⁶ Minden olyan tárgy ami zavarja a munkavégzést (bekapcsolt mobiltelefon, mp3-4 lejátszó, egyéb szórakoztató elektronikai termék, táska, kabát, ékszerek stb.).

Első előadás

- Amennyiben a diák a munkadarabját, vagy a feladatát elrontotta, de úgy érzi, hogy következő alkalommal a felajánlott jegynél magasabb osztályzatot is el tudna érni lehetősége van egy külön időpontban – amelyről az oktatóval egyeztet – ismét számot adni képességeiről.
- **Aki a munkavédelmi előírásokat figyelmen kívül hagyja minden esetben figyelmeztetésben részesül – a szabálysértés súlyától függően szóban vagy írásban.**
- **Aki a munkavédelmi előírásokat szándékosan figyelmen kívül hagyja az írásbeli intézésben részesül, az órai munkája elégtelen osztályzatot kap. A további munkavégzést mindaddig meg kell tőle tagadni, amíg szóban számot nem ad a munkavédelem terén szerzett ismereteiből.**

A laboratóriumi és műhely foglalkozásokra kötelezően magunkkal hozott tárgyak listája:

- Írószerszám
- Vonalzó
- Jegyzetfüzet (A4 formátumú négyzetrácsos spirál füzet)
- Munkaköpeny
- Az adott gyakorlatra az oktató által előírt egyéb segédeszközök

1.2.3. Érintésvédelmi oktatás

Az érintésvédelemről részletes ismertetést az elméleti órákon, ill. a villamos gyakorlatokon kaphatunk, itt csupán a legszükségesebb információkat közöljük.

A villamos áram élettani hatása:

Az izmok összerándulása: Az emberi szervezetben az izmok összehúzódásáért az agyból kiinduló információk alapján az idegrendszeren végigfutó villamos áram a felelős. Az áramütés összezavarja az idegpályákat, így nem tervezett, és nem irányított összerándulásokat hozva létre. Szélsőséges esetben bekövetkezik az izmok szakadása, az idegek károsodása. Az izmok összerándulása terén a váltakozóáramot tekinthetjük veszélyesebbnek.

Első előadás

- Vegyhatás:** Köztudott, hogy az emberi test 70%-a víz – az ásványi anyagtartalom miatt ez a víz elektrolit oldatot alkot. Egyenáramú áramütés esetén megkezdődik a bontási folyamat, amelynek során a vér és a szövet veszélyes mértékben elbomolhat, gázbuborékok, vérrögök keletkezhetnek, amik – szélsőséges esetben – halálhoz vezethetnek.
- Hő hatás:** „Az áram járta vezető melegszik”. Ez az alapigazság az emberi testre is érvényes. Áramütés esetén az ember a saját ellenállása miatt veszélyes mennyiségű hőt termelhet.

Az áram élettani hatása a következő tényezőktől függ:

- Az áram útja a szervezeten belül
- Az áramerősség
- A frekvencia
- Az áramütés időtartama
- Az emberi szervezet állapota

Az áramerősség küszöbértékei (hálózati feszültségre vonatkoztatva):

- Érzetküszöb:** Az a minimális áramerősség, amelynek jelenlétét az ember már képes érzékelni. Ez néhány száz μA . 5-6mA hatására már izomösszerándulás történik.
- Elengedési áramküszöb:** 20mA felett az áramkörből segítség nélkül már nem tudunk kiszabadulni.
- Halálos áramküszöb:** 80mA feletti áramerősség esetén bekövetkezhet a halál.

A gyakorlatban feszültséggenerátoros meghajtásokkal találkozunk (hálózati feszültség, akkumulátorok) így az előbb említett áramértékek sajnos nem sokat segítenek, le kellene fordítanunk feszültség szintekre őket. Ohm törvényét alkalmazva az emberi ellenállást ismert mennyiségnek véve alapul ez nem okozhat gondot. Az emberi ellenállás érintésvédelmi szempontból⁷ 1k Ω . Figyelembe véve az elmondottakat a következő érintésvédelmi feszültség szinteket határozták meg:

⁷ A valóságban néhány 100k Ω – azonban nedves bőr, és egyéb tényezők hatására jelentős mértékben csökkenhet. A szövetek ellenállása néhány 100 Ω , az érintésvédelmi számítás ehhez még hozzáadja a bőr minimális ellenállását, és biztonsági tényezőt alkalmazva jutunk el az 1k Ω -os értékhez.

Első előadás

Törpefeszültségű⁸: az a berendezés, amelynek vezetői, ill. bármely vezetője és a föld között a maximálisan fellépő potenciálkülönbség 50V.

Kisfeszültségű: az a berendezés, amelynek vezetői között a fellépő feszültség 50V-nál nagyobb, de 1000V-nál kisebb, valamint bármely vezető és a föld között a maximálisan fellépő feszültség 600V.

Nagyfeszültségű: az a berendezés, melynek vezetői között a névleges feszültség nagyobb, mint 1000V, vagy közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség meghaladja a 600V-ot.

Szaktárgyunk során a legtöbb gépet, berendezést hálózati feszültségről üzemeltetjük.

Hálózati feszültség: Magyarországon⁹ a hálózat $230V_{\text{eff}}$ értékű 50Hz frekvenciájú szinuszosan váltakozó feszültség. Fontos, hogy a 230V effektív értékre vonatkozik, a csúcserték – amit úgy kapunk, hogy a szinuszos jelalakra vett csúcstényezővel ($\sqrt{2}$) beszorzunk – $\sim 325V_{\text{cs}}$. A hálózati feszültség önmagában vizsgálva kisfeszültségű rendszer.

A 3 fázisú hálózaton a különböző fázisokat R, S, T jelöléssel látjuk el, a nullavezető jelölése N, míg a védőföldelésé PE¹⁰.

Az érintésvédelem célja megakadályozni, hogy az embert áramütés érje.

1.2.3.1. Érintésvédelmi osztályok

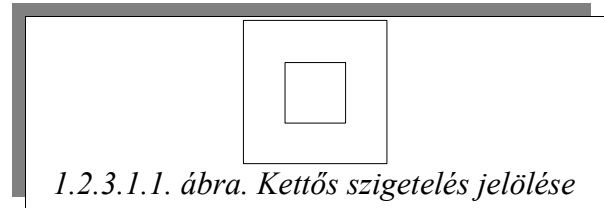
A berendezéseinket érintésvédelmi osztályokba tudjuk besorolni.

1. érintésvédelmi osztály (védőföldelés):
Az 1. érintésvédelmi osztályba tartozó eszközöket védővezetővel látjuk el. Ezeket az eszközöket csak földelt konnektorokról szabad üzemeltetni! A védővezető célja, hogy a készülékházra került veszélyes feszültség – az ember helyett – rajta keresztül hozzon létre rövidzárlatot. A rövidzárlati áram leoldja a biztosítékot, kismegszakítót, vagy FI-relét.
2. érintésvédelmi osztály (kettős szigetelés):
A kettős szigeteléssel ellátott eszközök megérinthető részei vagy szigetelő anyagból (műanyag, fa) készülnek, vagy a fémburkolat úgy került szigetelésre a feszültség alatt lévő részekről, hogy egyszeres hiba esetén rá veszélyes nagyságú érintési feszültség ne juthasson. Kettős szigeteléssel ellátott eszközöket földelni tilos!

8 Törpefeszültségű berendezések az emberre nem veszélyesek, hiszen – saját ellenállásunk miatt – nem tud veszélyes áram kialakulni.

9 Az USA-ban 120V/60Hz-es hálózattal dolgoznak.

10 A vezetékek szigetelésének színe a következőképpen alakul: fázis → fekete; nullavezető → kék; védőföldelés → zöld-sárga. Amennyiben a fázisokat egymástól meg kell különböztetnünk, a vezetékek végeit látjuk el színkóddal (színjelölésre a zöld, a sárga, a vörös, a szürke, a fehér, a világoskék és a zöld/sárga színek egyike sem alkalmazható).



3. érintésvédelmi osztály (törpefeszültség):

A maximum 50V-os feszültségről üzemelő eszközöket – amelyek tápfeszültségét biztonsági transzformátorról állítjuk elő – a 3. érintésvédelmi osztályba soroljuk. Ezt az osztályt tekinthetjük a legbiztonságosabbnak, hiszen az 50V alatti feszültségek az emberi szervezetre nem veszélyesek.

Az érintésvédelmi megoldás lehet passzív és aktív módszer.

Passzív módszerek:

- Elkerítés
- Burkolás
- Elszigetelés
- Védőelválasztás

Aktív módszerek:

- Nullázás
- Védőföldelés
- Feszültségvédő kapcsolás
- Áramvédő kapcsolás

Védekezés FI-relé segítségével:

Ma már az új építésű házak esetén, ill. felújításkor minden esetben beépítik az áramvédő kapcsolót (ÁVK), vagy életvédelmi relét, vagy Fehlerstromschalter¹¹-t, vagy Residual Current Device-t (RCD). Az eszköz működése a különbségi árammérés elvén alapul. Amennyiben a fázison és a nullavezetőn átfolyó áramok különbsége eléri egy előre meghatározott értéket (30mA; 100mA; 300mA), akkor az áramvédő kapcsoló megszakítja a fázist. Fontos tisztáznunk, hogy az életvédelmi relé az életet védi, míg a biztosíték, kismegszakító az eszközt, hálózatot a túlmelegedéstől! Egyik a másikat nem helyettesíti. A fi-relékre megadnak egy maximális áramot, amit még képesek elviselni (16A; 25A; 40A) – ez alapján tudjuk az egyes hálózatokhoz kiválasztani őket.

11 A német és angol kevert szavakból áll össze a mérnökök által is használt fi-relé kifejezés: Fehlerstromschalter-Interrupt

1.2.4. Tűzvédelem

Az égés állapotjelzői

- Hőmérséklet
- Nyomás
- Térfogat
- Mólszám

Az égés együttes feltételei:

- Éghető anyag
- Oxigén
- Gyújtóforrás
- Gyulladás hőmérséklet

Öngyulladás: A rendszerben van hőtermelő folyamat, amelynek eredménye meghaladja a hőelvezető képességet.

Az égés a robbanás és a detonáció között alapvetően sebességbeli különbség van. ($< 10 \frac{m}{s}$; $> 10 \frac{m}{s}$; $> n \cdot 100 \frac{m}{s}$).

A Ttv.¹² szerint a **tűz (tűzeset)** az az égési folyamat, amely veszélyt jelent az életre, a testi épségre vagy az anyagi javakra, illetve azokban károsodást okoz. Vagyis a tűz és az égés között alapvetően az irányítás a különbség – amennyiben egy égési folyamat felett elveszítjük az irányítást már tűzről kell beszélnünk.

A hőterjedés a következő módokon jöhet létre

- Kondukción (hővezetés): szilárd testek esetén.
- Radiáció (hősugárzás): a melegedő test elektromágneses sugárzás útján ad le hőmennyiséget.
- Konvekció (hőszállítás): a gázok és folyadékok áramlás útján szállítják a hőenergiát.

¹² Tűzvédelmi törvény

Első előadás

Tűzosztályok: a tüzek égő anyag fajtája szerinti csoportjait jelentik, azzal a céllal kerültek bevezetésre, hogy segítsék a különböző helyeken szükséges tűzoltó készülékek kiválasztását.

„A”: Szilárd, általában szerves eredetű olyan éghető anyagok tüze, amelyek lángolás és/vagy izzás (parázslás) kíséretében égnak.

„B”: Éghető folyékony, vagy cseppfolyós szilárd anyagok (olvadékok) tüze.

„C”: Az éghető gázok tüze.

„D”: Az éghető fémek – elsősorban alkáli fémek (pl. Na, K) és alkáli földfémek (pl. Mg, Ca) – továbbá a különböző éghető fémvegyületek (pl. alumínium-alkil) tüze.

Tűzveszélyességi osztályok:

- „A”: Fokozottan tűz- és robbanásveszélyes
- „B”: Tűz- és robbanásveszélyes
- „C”: Tűzveszélyes
- „D”: Mérsékelt tűzveszélyes
- „E”: Nem tűzveszélyes

A folyadékokat tűzveszélyességi fokozatba sorolják. A folyadék tűzveszélyességi osztálya egyértelműen meghatározza a tűzveszélyességi fokozatát:

„A” tűzveszélyességi osztály → I tűzveszélyességi fokozat

„B” tűzveszélyességi osztály → II tűzveszélyességi fokozat

„C” tűzveszélyességi osztály → III tűzveszélyességi fokozat

„D” tűzveszélyességi osztály → IV tűzveszélyességi fokozat

Tűzoltókészülékek csoportosítása

- Vízrel oltó készülékek (villamos tüzet tilos velük oltani)
- Habbal oltó készülékek (A és B osztályú tüzeknél hatékonyak, és 1000V alatti készülékek tüzenél)
- Porral oltó készülékek (minősítésük B osztályú, de feszültség alatti tüzek esetén is alkalmazhatók)
- Szén-dioxiddal oltó készülékek (bármilyen tűzhöz alkalmazható)
- Halon gázzal oltó készülékek (bármilyen tűzhöz alkalmazható)

1.3. Veszélyhelyzet esetén a teendők

Az egyes veszélyhelyzeteket példákon keresztül illusztrálva az oktató szóban ismerteti a teendőket.

1.4. Villámvédelem

A villám az épület belsejében lévő vezetőkben (hálózati, vagy telefonvezetékben is) nagy feszültséget indukálhat, amely a hozzá csatlakoztatott berendezéseket tönkretetheti. A villám által indukált feszültségre érzékeny részeket (antennaárbock) földeléssel kell ellátnunk – fontos, hogy ez nem egyezik meg az érintésvédelmi földdel, azzal közösíteni tilos! Amennyiben készülékeinket vihar idején a hálózatról leválasztjuk, másodlagos villámvédelmet alakítunk ki. Villámlás idején a szabadban tartózkodni különösen veszélyes. Amennyiben villámhárító berendezések közelében tartózkodunk kialakulhat a lépésfeszültség, vagyis a lépésünkkel már veszélyes potenciálkülönbséget hidalhatunk át. Ilyen jelenséggel találkozhatunk leszakadt nagyfeszültségű vezetékek közelében is. Semmiképpen se fussunk el! A veszélyforrástól araszolva – egyszerre csupán néhány cm-t megtéve – távolodjunk el!

A korszerű villámvédelem egyik formája a túlfeszültségvédelemmel ellátott aljzatok használata.

1.5. A műhelyben található eszközök ismertetése

A műhelyben és a laboratóriumban található eszközök, szerszámok, műszerek ismertetésére a gyakorlatban szemléletes módon kerül sor.

1.6. Projektismertetés

A diákok minden évben kiválasztanak egy projektmunkát, amelyet 2-3 fős csoportokban – amennyiben szükséges fokozott oktatói segítséggel – végeznek el. Az év végén munkájukról számot adnak egy színvonalas előadás¹³ formájában. Az elméleti munkák esetén elvárt minimális előadási idő 15, míg a gyakorlati feladatok esetén 5 perc.

A projektmunka lényege az önálló és a csapatban történő munkavégzés elsajátítása. Elfogadható bármilyen a szakmához kapcsolódó, a tanév során elkészítésre kerülő, megfelelő nehézségű, dokumentált feladat.

A projektmunka elkészítéséhez az oktató minden segítséget megad. Amennyiben szükséges javasol szakirodalmat, segítséget nyújt a dokumentáció tartalmi és formai előkészítésében. A konkrét termékkel járó feladatok esetén előre megbeszélte időpontban lehetőséget nyújt a laboratórium, vagy a műhely használatára. Mindazonáltal a feladat érdemi része a diákokra hárul, az oktató csupán instrukciókat ad, ill. példákon keresztül próbálja segíteni a tanulókat.

1.6.1. Az oktató által javasolt projektfeladatok

- Biztonságtechnikai előadás megtartása (az előadásban részletesen ki kell térni a munkavédelem legfontosabb előírásaira, példákon keresztül kell illusztrálni a biztonsági előírások, védőfelszerelések szükségességét).
- Előadás az érintésvédelemről (a követelmények hasonlóak a biztonságtechnikai előadáshoz, csak itt az érintésvédelem területét kell körüljárni. Külön ki kell térni az érintésvédelem lehetőségeire és azok alkalmazhatóságára példákon keresztül.)
- Metrológiai előadás megtartása. A villamos alaplmenyiségek mérésének lehetőségei.
- A számítógéppel támogatott tervezés és/vagy gyártás bemutatása egy konkrét – általunk készített – terméken keresztül.
- Egy valódi termék elemzése (költséghatékonyság, gyártási lehetőségek, mérés/ellenőrzés lehetőségei, továbbfejlesztés lehetősége)
- A műszaki dokumentáció jellemzőinek ismertetése, és saját terméken való illusztrálás
- A mérési jegyzőkönyvek legfontosabb ismérvei, konkrét jegyzőkönyv elkészítése egy saját, vagy az oktató által felajánlott munkadarabról.
- Egy – az oktató által elfogadott – saját termék legyártása, a folyamat dokumentálása és ismertetése.

¹³ Függetlenül a választott munka jellegétől egy rövid előadást mindenképpen kell tartani bemutató formájában.

- Villamos ellenőrző- és mérőműszerek bemutatása (fáziskereső, multiméter, oszcilloszkóp, spektrumanalizátor, logikai analizátor stb.)
- Nyáktervezés a „hőskortól” napjainkig.
- EMC nyáktervezési szempontok bemutatása.
- Alkatrész ismertetés (jellemző tokozások, kialakítások).

1.7. Számonkérések formái

A gyakorlatokon a diákok többféle módon adhatnak és adnak számot tudásukról. Az osztályozás mindenkori alappillére a lelkiismeretes és hatékony órai munka.

A gyakorlatok elvégzéséhez és a későbbiekben való biztonságos munkavégzéshez elengedhetetlenül szükséges a gyakorlatokra történő otthoni felkészülés – a biztonsági előírások, a munkafolyamatok tanulmányozása. A diákok az elméleti ismereteikből minden óra¹⁴ első 15 percében dolgozat formájában adnak számot. A felmérő kérdései és az arra adandó válaszok a számonkérés előtti gyakorlaton ismertetésre kerülnek.

A diákok egy évre szólóan projekt munkát választanak, amelyet 2-3 fős csoportokban elvégeznek, és az év végén eredményüket bemutatják.

Érdemjegyet lehet még szerezni az órai munka, ill. a dolgozatok érdemjegyeinek javításával önkéntes¹⁵ alapon.

Otthoni feladatok – jegyzőkönyvek, munkanapló, műszaki rajz, műszaki dokumentáció, házi feladat – elmulasztása elégtelen érdemjegyet von maga után. Amennyiben az otthoni feladatot elkészítettük, azonban a színvonala nem éri el a jeles szintet az oktató által megajánlott jegyet a diák elfogadhatja, vagy visszautasíthatja, ill. lehetősége van későbbi alkalommal történő újbóli ellenőrzés kérésére.

A szorgalmas diák jeles érdemjegye(ke)t szerezhethet az iskolában, vagy versenyeken nyújtott kiváló szakmai teljesítményével.

14 Az első foglalkozás természetesen kivételt képez.

15 Elégtelen érdemjegyet mindenképpen javítani kell.

Első előadás

Az osztályozás mindenkor az oktató szuverén tevékenysége – ezt csak a nevelőtestület bírálhatja felül indokolt esetben a diák javára. Az alábbi objektív szempontokat érvényesítjük a félévi, ill. év végi jegyek kiszámításánál:

- A különböző érdemjegyek különböző súlyszámokkal eshetnek latba, erről az oktátónak még a számonkérés megtörténte előtt tájékoztatni kell a diákat. Az általánosan alkalmazott súlyszámok: dolgozat → 1; házi feladat → 1; órai munka → 2; projekt munka → 4.
- 2,00 jegyátlag alatt csak elégtelen érdemjegy adható.
- 2,50; 3,50; 4,50 jegyátlag felett az oktató dönti el, hogy a diák féléves-éves teljesítménye alapján a jobb érdemjegyet állapítja meg, vagy – a diák kérésére – lehetőséget biztosít a javításra.
- 2,50; 3,50; 4,50 jegyátlag alatt az oktató dönti el, hogy a diák – kérésre – lehetőséget kap-e a javításra.

1.8. Az első előadáshoz kapcsolódó ellenőrző kérdések¹⁶

- **Ismertesse a munkavédelmi törvény célját**
- Definiálja a munkavédelmet, hozzon példákat a szervezett munkavégzésre
- Definiálja és csoportosítsa a veszélyforrásokat
- Határozza meg az ergonómia fogalmát, ismertesse a munkavédelem eszközeit
- Adja meg a hálózati feszültség jellemzőit. Sorolja be a különböző feszültségű berendezéseket feszültségértékük szerint.
- **Milyen érintésvédelmi osztályokat, és lehetőségeket ismer?**
- Milyen tényezőktől függ az áram élettani hatása? Adja meg hozzávetőlegesen az érzetküszöb, az elengedési áramküszöb, a halálos áramküszöb értékét!
- Mi a különbség a biztosíték, vagy kismegszakító és az érintésvédelmi relé között?
- **Sorolja fel a tűzvesélyességi- és a tűzosztályokat (megnevezés és jelölés). A tűzosztályok esetén nevezzen meg egy az oltásra alkalmas besorolású tűzoltókészüléket.**
- Mi a különbség az égés, a robbanás, és a detonáció között? Miben különbözik a tűz az égéstől?

¹⁶ Az ellenőrző kérdések közül 6 db lesz feltéve a dolgozatban. A félkövérrel szedett kérdések biztos hogy szerepelni fognak.

2. Második előadás

2.1. Bevezetés

Az első előadás során tisztáztuk a legfontosabb munkavédelmi alapismereteket. A további gyakorlatokon elsajátítjuk a nyomtatott áramkör-készítéshez szükséges tudnivalókat, valamint megtanuljuk a kézi áramkör-tervezés lépéseit, és saját termékeket állítunk elő kapcsolási rajz alapján. Az áramkörök elkészítése során az egyes alkatrészek gyártástechnológiáival, ill. megjelenési formáival, valamint határértékeivel és jellemzőivel tisztában kell lennünk. A második és harmadik előadás célja, hogy az alkatrészek tokozását megismerjük, adatlapok tanulmányozása útján képet kapjunk jellemző paramétereikről, határértékeiről – valamint az utolsó órákon felfrissítsük forrasztási alapismereteinket. Az adott alkatrészek ismertetésekor nagy vonalakban felvázoljuk a már elektrotechnikából tanult fizikai összefüggéseket, képleteket, jellemzőket is. A jegyzetben bemutatott tokozások és adataik tájékoztató jellegűek, az irányadó minden esetben az adott alkatrész adatlapja. A speciális kialakításokra idő hiányában nem térünk ki.

2.2. Határértékek

A határérték egy adott jellemző esetén az a maximális, vagy minimális érték, vagy tartomány amelynek átlépése az eszköz (alkatrész) tönkremeneteléhez vezet.

HATÁRÉRTÉKRE TILOS MÉRETEZNI!!! Az eszközeinket mindig Worst-Case¹⁷ esetre méretezzük.

A gyakorlatok során jellemzően áram, feszültség, teljesítmény, hőmérséklet határértékekkel fogunk találkozni.

2.3. Jellemzők

Eszközeink, alkatrészeink esetén a jellemzők olyan paraméterek, amelyek a működés, működtetés szempontjából információtartalommal bírnak. A jellemzőket a határértékkal szemben általában mindig egy szűk tartományra adják meg – a gyártástechnológiai szórás miatt. A jellemzők üzemi körülmények között teljesülnek, míg a határértékeket üzemi körülmények között sohasem érjük el.

Jellemzők lehetnek: áram, feszültség, teljesítmény, idő.

2.4. Gyártástechnológiák

Az alkatrészeket a technológia szerint két nagy csoportra bonthatjuk:

- THT: Through Hole Technology – Furatszerelt technológia
- SMT: Surface Mounted Technology – Felületszerelt technológia

¹⁷ A legrosszabb eset. A méretezés során a szórások lehető legrosszabb kombinációjával számolunk.

2.4.1. Furatszerelt technológia

A furatszerelt technológiával készült alkatrészeket a nyomtatott áramkör alkatrészoldalán lévő furatokba helyezzük, majd a másik, forrasztási oldalon forrasztóon segítségével rögzítjük. Az alkatrészek kivezetései lehetnek merevek (integrált áramkörök), vagy hajlékonyak (ellenállás). Az iparban a furatszerelt technológia egyre inkább háttérbe szorul – mára a beültetett alkatrészek mindössze 3-5%-át teszik ki.

2.4.1.1. Passzív THT alkatrészek

2.4.1.1.1. Ellenállás

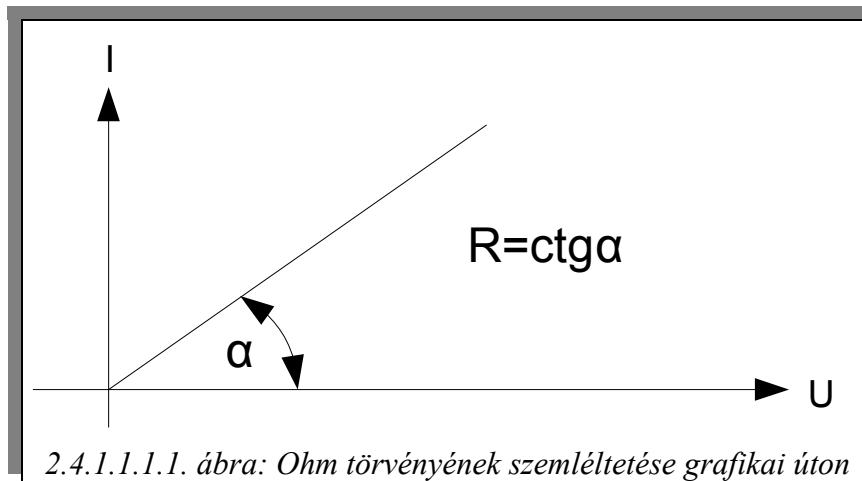
Az ellenállás az anyagnak az a tulajdonsága, amellyel akadályozza az elektronok rendezett egyirányú mozgását, vagyis az áram folyását.

Az ellenállás jele az angol resistor szóból alakult ki: **R**. A mértékegysége Georg Simon Ohm tiszteletére: Ω (Ohm).

Az ellenállásokat áramköreinkben általában áramkorlátozásra, ill. osztóként vagy átalakítóként (pl. I/U átalakító) alkalmazzuk. Az ellenállás frekvenciafüggetlen elem¹⁸.

Az ellenállásra megadható különböző összefüggések:

Ohm törvénye: Ugyanazon fogyasztón mért feszültség, és a rajta átfolyó áram egyenesen arányos, az arányossági tényező az ellenállás. $R = \frac{U}{I}$



Teljesítményből: az átfolyó áram a vezető anyagokban az áramerősséggel négyzetesen, míg az anyag ellenállásával egyenesen arányos teljesítményt állít elő. Ez a teljesítmény hőenergia formájában kerül leadásra. A disszipáció a legtöbb esetben káros tulajdonság – veszteségként jelentkezik. $P = I^2 \cdot R$, vagy

$$P = \frac{U^2}{R}$$

¹⁸ A jegyzetben az alkatrészeket ideálisnak tekintjük. Amennyiben a gyakorlatokra kiadott feladatokkal az előre tervezettnél hamarabb végzünk, akkor ismertetésre kerülnek a nyáktervezés során felmerülő EMC problémák.

Második előadás

Anyagi paramétereiből való meghatározás:

az anyagok ellenállását anyagi és geometriai tulajdonságuk alapján tudjuk meghatározni.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

A következő táblázat tartalmazza az elektronikában leggyakrabban használt vezetők fajlagos ellenállását:

Anyag	Fajlagos ellenállás (ρ) $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$
Ezüst	0,016
Réz	0,0167
Arany	0,0204
Alumínium	0,026
Volfrám	0,055
Cink	0,0592
Nikkel	0,0684
Vas	0,0971
Platina	0,099
Ón	0,128
Króm	0,129
Ólom	0,206
Antimon	0,420
Titán	0,55

A szigetelő anyagok esetén a fajlagos ellenállás értékénél többet mond számunkra az átütési szilárdság – amely megmutatja, hogy egységnyi anyagvastagságra vonatkoztatva mekkora feszültség hatására válik az anyagból vezető. Néhány anyag átütési feszültsége:

Anyag	Átütési feszültség (E) $\frac{kV}{cm}$
Levegő	21
Száraz papír	25÷40
Titán-oxid	20÷100
Alumíniumoxid	100÷150
Transzformátorolaj	80÷200
PVC (Poli-Vinil-Clorid)	100÷300
Polietilén	200
Polisztirol	220÷500

Második előadás

Az ellenállás egy hőmérsékletfüggő jellemző. Alapesetben a fajlagos ellenállás változik meg a hőmérséklet-változás hatására, néhány speciális esetben az anyagban szerkezeti, geometriai változás is megtörténik. Az ellenállások hőfokfüggését a következő összefüggés adja meg:

$R_{Tl} = R_{T0}(1 + \alpha(Tl - T0))$, ahol α a hőmérsékleti együttható. Pozitív α esetén PTK¹⁹, míg negatív α esetén NTK²⁰ ellenállásról beszélhetünk.

2.4.1.1.1.1. Ellenállások csoportosítása

- Fémréteg²¹: A rétegelLENállások esetén az ellenállás aktív anyagát általában gőzölögtetéssel viszik a hordozóra (kerámia). A réteg vastagsága határozza meg az ellenállás értékét. Fémréteg ellenállások esetén az ellenállás aktív anyaga fém (nikkel, Au-Pt).
- Szénréteg²²: A gyártástechnológia és kialakítás megegyezik a fémréteg ellenállással, itt azonban az aktív anyag szén. A kerámia hordozóra karbon film réteget visznek fel. A szénréteg ellenállások általában kisebb választékban, nagyobb tűréssel, viszont olcsóbb áron kaphatóak mint fémréteg társaik.
- Metál-oxid: Olyan alkalmazásokban célszerű a használata, ahol nagy stabilitás a követelmény az ellenállás karakterisztikája irányában. Nem érzékenyek a hőmérséklet-, ill. a nedvességváltozásra. Az áruk magasabb a szén, és fémréteg társaiknál. Fémréteg ellenállásokból gyártanak nagy teljesítményű ellenállásokat is. Mivel induktívitasmentes gyártástechnológia jellemző rájuk, ezért nagyfrekvencián, nagyfeszültségen, valamint szűrőáramkörökben is eredményesen alkalmazhatóak.
- Huzalellenállás: Kerámia csőre nagy fajlagos ellenállású ellenálláshuzallal tekercselt ellenállás. Induktívitasuk és szórt kapacitásuk nagy, amelyeket különleges tekercseléssel lehet csökkenteni. Teljesítményelektronikában használt ellenállások. Közös jellemzőjük a nagy teljesítmény határérték.
- Hálóellenállás: Szokás még ellenálláslétrának is nevezni, ahogy a nevéből is kitűnik létrahálózatok ideális alkotóeleme (pl. ADC, DAC). Egy tokba a gyártó több azonos paraméterekkel rendelkező ellenállást alakít ki. Az integrált gyártástechnika fejlődésével elérhető, hogy ezek az ellenállások tokon belül nagyon kis egymáshoz képesti szórással rendelkezzenek. Tipikusan 1-2%-os tűrés, és 100ppm²³-es hőfoktényező jellemzi őket.

Természetesen az itt felsoroltakon kívül még számos kialakítás létezik speciális esetekre. Akit bővebben érdekel a téma az interneten több írást is találhat a témában, vagy gyártók, forgalmazók honlapján is körülnézhet (pl. <http://revolt.hu/index.php?db=arcolproducts>).

19 Pozitív hőfoktényezőjű ellenállás: a hőmérséklet és az ellenállás egyenesen arányos.

20 Negatív hőfoktényezőjű ellenállás: a hőmérséklet és az ellenállás fordítottan arányos.

21 Metal film resistor

22 Carbon film resistor

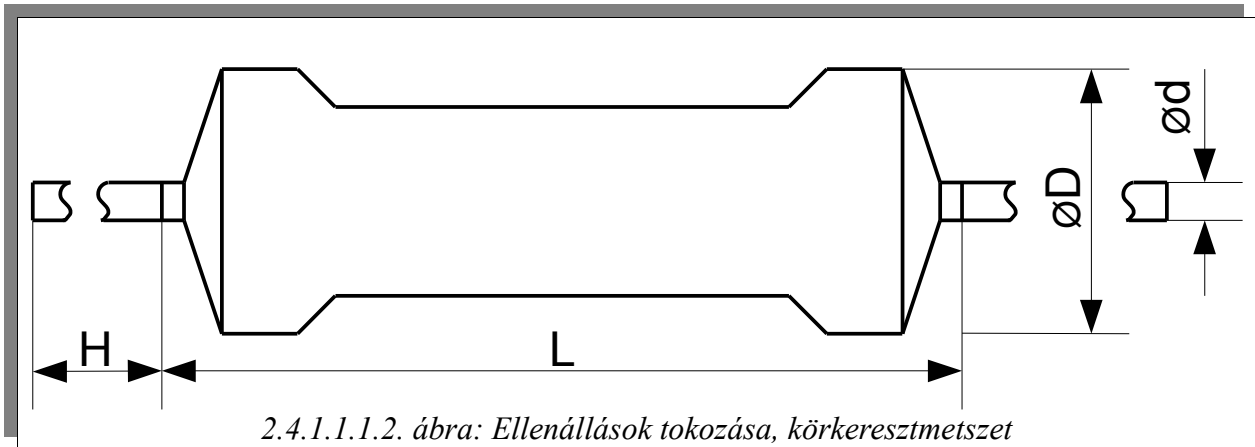
23 Precíziós eszközöknél a % már nem ad elég finom beosztást, ezért használjuk a ppm – par per million ($\frac{1}{10^6}$) elnevezést.

Második előadás

2.4.1.1.1.2. Az ellenállások tokozása

A fémréteg, szénréteg és fémoxid²⁴ ellenállások két, ill. három raszteres kiszerelésben kaphatóak. Az alkatrésztechnikában a mai napig az angolszász mértékegység az uralkodó, eszerint:

$$1 \text{ raszter} = 0,1 \text{ inch} = 100 \text{ mil} = 2,54 \text{ mm}$$



A 2.4.1.1.1.2. ábrán láthatjuk a rétegellenállások tokozását. A következő táblázat adja meg a 2, ill. 3 raszteres ellenállások méreteit és a hozzájuk tartozó maximális disszipációs teljesítményt:

Kialakítás	L (mm)	ØD (mm)	H (mm)	Ød (mm)	P
2 raszteres (0204)	3,3 ± 0,4	1,8 ± 0,3	28 ± 2,0	0,5 ± 0,05	0,25W; 0,4W
3 raszteres (0207)	6,3 ± 0,5	2,3 ± 0,3	28 ± 2,0	0,6 ± 0,05	0,6W

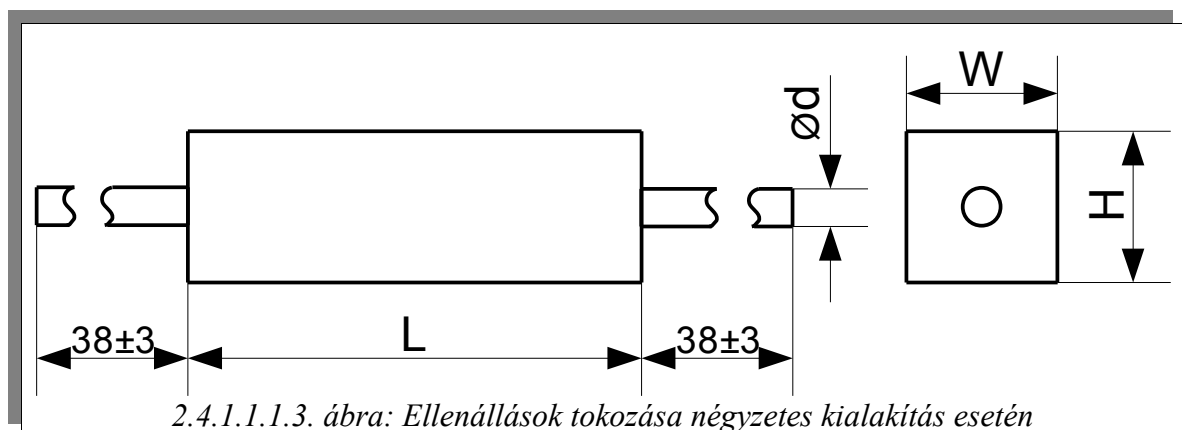
A huzalellenállások tokozása lehet a 2.4.1.1.1.2. ábrán megadott körkeresztmetszetű, vagy a 2.4.1.1.1.3. ábrán látható négyzetes kialakítás.

²⁴ Mivel fémoxid ellenállásokból gyártanak nagyobb teljesítményre is, ezért ezekből előfordul a huzalellenállásnál ismertetett tokozás is.

Második előadás

Körkeresztmetszetű kialakítás esetén a geometriai méretek a következő táblázat szerint alakulnak²⁵:

Kialakítás	L (mm)	ØD (mm)	H (mm)	Ød (mm)	P
KNP ²⁶ -1WS ²⁷	9,0 ± 1,0	3,5 ± 0,5	26 ± 2,0	0,6 ± 0,05	1W
KNP-2WS	11,5 ± 1,0	4,5 ± 0,5	35 ± 2,0	0,8 ± 0,05	2W
KNP-3WS	15,5 ± 1,0	5,0 ± 0,5	33 ± 2,0	0,8 ± 0,05	3W
KNP-5WS	17,5 ± 1,0	6,0 ± 0,5	32 ± 2,0	0,8 ± 0,05	5W
KNP-7WS	24,0 ± 1,0	8,0 ± 0,5	38 ± 2,0	0,8 ± 0,05	7W
KNP-8WS	30,0 ± 1,0	8,0 ± 0,5	38 ± 2,0	0,8 ± 0,05	8W
KNP-9WS	40,0 ± 1,0	8,0 ± 0,5	38 ± 2,0	0,8 ± 0,05	9W
KNP-10WS	47,0 ± 1,0	8,0 ± 0,5	38 ± 2,0	0,8 ± 0,05	10W
KNP-10W	52,0 ± 1,0	9,0 ± 0,5	38 ± 2,0	1,0 ± 0,05	10W



25 Minimális eltérések az egyes gyártók adatlapjain elképzelhetőek.

26 Sorozat megjelölés, lehet NKN (induktívmentes kialakítás), ill. fénoxid ellenállás esetén pl. RSF.

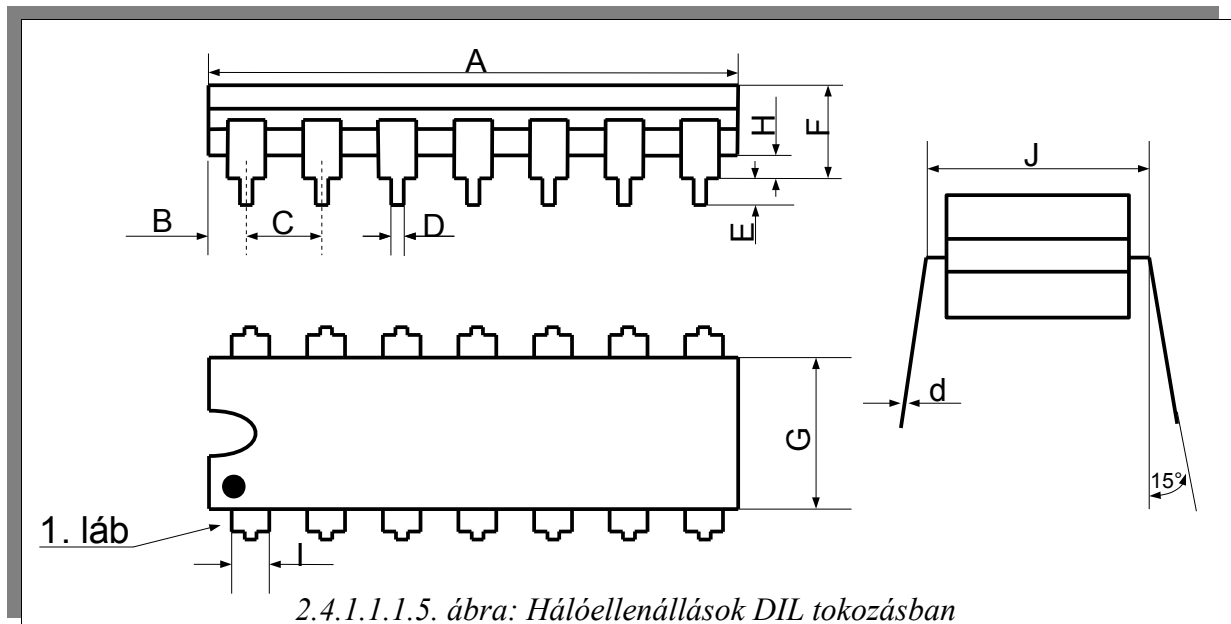
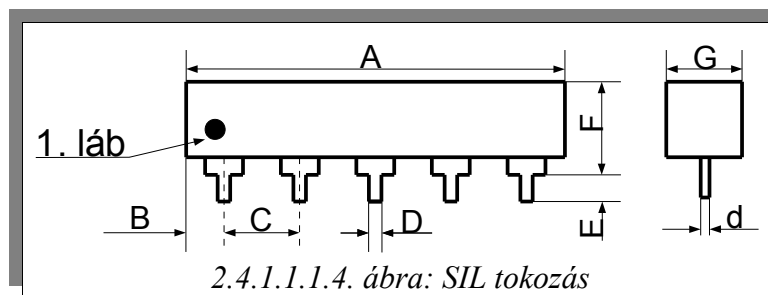
27 Az S jelzés a miniatűr kialakításra utal, a gyakorlatban ez az elterjedtebb. Szokás KNS sorozatnak is nevezni. Normál kialakítás esetén az S betű nem szerepel, és a geometriai méretek úgy alakulnak, hogy KNP-1W → KNP-2WS; KNP-2W → KNP-3WS, stb. A normál kialakítású ellenállás nemritkán KNP-100, KNP 200 stb. jelzéssel szerepel – a megfeleltetés: KNP-100 → KNP1W, KNP 200 → KNP2W stb.

Második előadás

Négyzetes keresztmetszetű kialakítás esetén a geometriai méretek a következő táblázat szerint alakulnak:

Kialakítás	L (mm)	W (mm)	H (mm)	Ød (mm)	P
SQP ²⁸ -200	18 ± 1,0	7,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0	0,8 ± 0,05	2W
SQP-300	22 ± 1,5	8,0 ± 1,0	8,0 ± 1,0	0,8 ± 0,05	3W
SQP-500	22 ± 1,5	9,5 ± 1,0	9,0 ± 1,0	0,8 ± 0,05	5W
SQP-700	35 ± 1,5	9,5 ± 1,0	9,0 ± 1,0	0,8 ± 0,05	7W
SQP-10A	48 ± 1,5	9,5 ± 1,0	9,0 ± 1,0	0,8 ± 0,05	10W
SQP-15A	48 ± 1,5	12,5 ± 1,0	12,5 ± 1,0	0,8 ± 0,05	15W
SQP-20A	60 ± 2,0	12,5 ± 1,0	12,5 ± 1,0	0,8 ± 0,05	20W
SQP-25A	60 ± 2,0	14,0 ± 1,5	13,0 ± 1,5	0,8 ± 0,05	25W

A hálóellenállásokkal a leggyakrabban SIL²⁹ (2.4.1.1.1.4. ábra), ill. DIL³⁰ (2.4.1.1.1.5. ábra) tokozásban találkozhatunk. Belső huzalozásukban jelentős mértékben eltérhetnek (2.4.1.1.1.6. ábra).



28 Induktívásmentes kialakítás az NSP sorozat.

29 Single In Line.

30 Dual In Line.

Második előadás

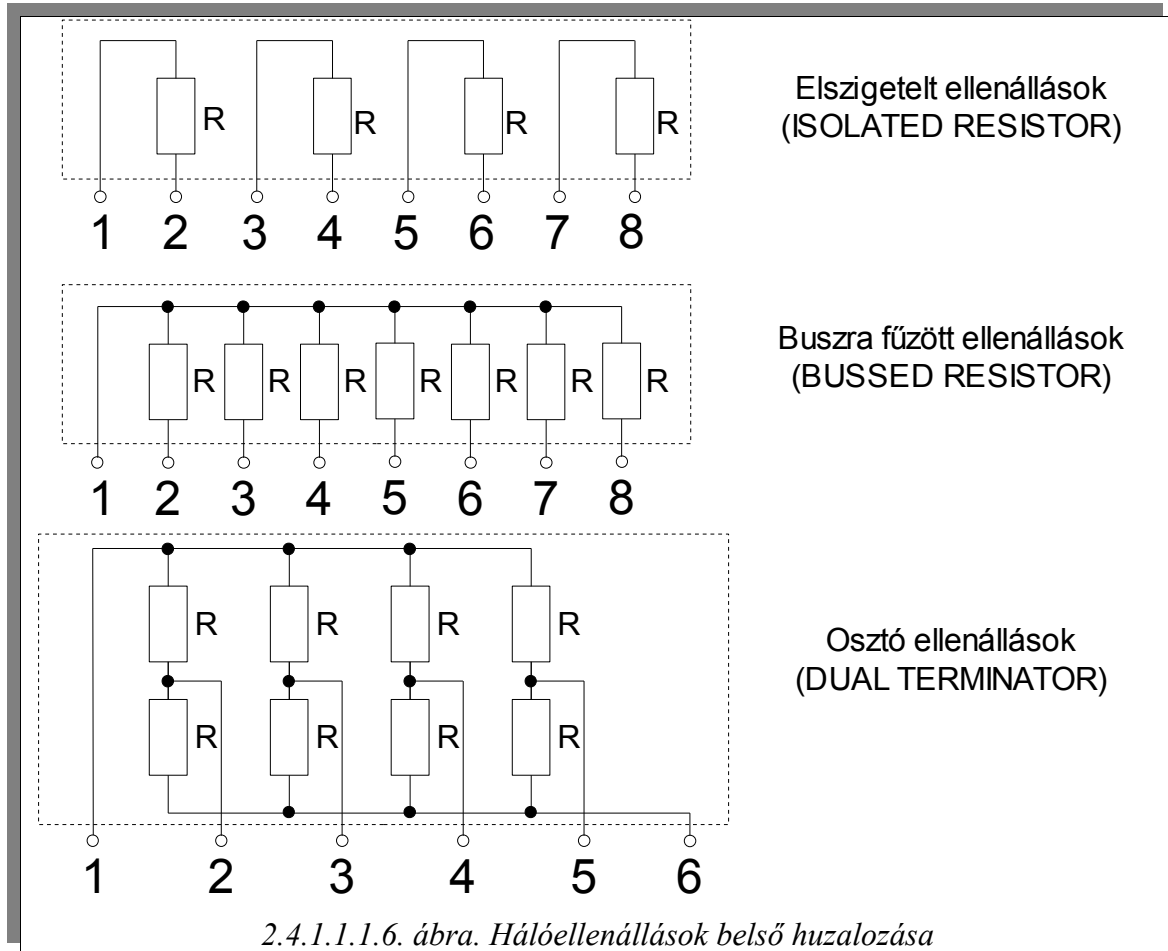
Tokozás	B (mm)	C (mm)	d (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)
SIL	MAX 1,24	2,54 ± 0,7	0,254 ± 0,050	0,508 ± 0,050	3,43 +0,38 -0,508	MAX 5,08	MAX 2,49
DIL	MAX 1,24	2,54 ± 0,7	0,254 ± 0,050	0,508 ± 0,050	MIN 3,3	MAX 5,08	

DIL	H (mm)	I (mm)	G (mm)	J (mm)
Keskeny	0,95 ± 0,57	1,395 ± 0,255	MAX 7,1	MAX 8,5
Széles			13,970 ± 0,127	15,494 ± 0,254

A DIL tokozás kétféle szélességben terjedt el, így a G és J paraméterek a keskeny, ill. a széles toknál különbözőek – a többi méret megegyezik.

SIL	Lábszám	A (MAX, mm)
	4	10,11
	5	12,65
	6	15,19
	7	17,73
	8	20,27
	9	22,81
	10	25,35
	11	27,89
	12	30,43
	13	32,97
	14	35,51

SIL tokozásnál megadtuk a különböző lábszámokhoz tartozó külső hosszmeretet is, bár ez a lábtávolságból (C), ill. a szélső lábak és a tok külsejének távolságából (B) kiszámítható. A DIL toknál hasonlóképpen járhatunk el.



2.4.1.1.6. ábra. Hálóellenállások belső huzalozása

Az ellenállások legfontosabb határértéke a maximális teljesítmény, amin még huzamosabb ideig üzemel. Ezt vagy a tokozásból tudjuk meg, vagy ráírják a nagyobb kialakítású alkatrészekre.

Az ellenállások legfontosabb jellemzői, a névleges érték és a tűrés. Ezeket az értékeket egyesellenállásokra szintén rányomatják, azonban a kisméretű kialakításoknál gyakori a színkód használata. Az érték konkrét ráírásánál az esetleges tévedések elkerülése végett a prefixumok jelentik a tizedesvesszőt, az R betű az Ω -nak felel meg³¹. A következő táblázatban láthatunk erre néhány példát:

Leolvasott érték	Valódi érték
10R	10 Ω
4R7	4,7 Ω
56R	56 Ω
330R	330 Ω
2K2	2,2k Ω
5K1	5,1k Ω
100K	100k Ω
1M	1M Ω
1M1	1,1M Ω

31 A tűrést szintén rányomatják ennél a kialakításnál az alkatrésze pl. 1%, 5%, 10%.

Második előadás

A kis kialakítású ellenállásokon a nyomtatott szöveg már nem lenne megbízhatóan leolvasható, ezért színkódokat alkalmazunk. A következő táblázat összefoglalja az egyes színek jelentését³²:

Szín	Értéksáv	Szorósáv	Tűréssáv
	1. gyűrű, 2. gyűrű, 3. gyűrű	4. gyűrű	5. gyűrű
Fekete	0	10^0	
Barna	1	10^1	±1%
Piros	2	10^2	±2%
Narancs	3	10^3	
Sárga	4	10^4	
Zöld	5	10^5	±0,5%
Kék	6	10^6	±0,25%
Lila	7	10^7	±0,1%
Szürke	8	10^8	
Fehér	9	10^9	
Arany	-	10^{-1}	±5%
Ezüst	-	10^{-2}	±10%

Megvizsgálva a táblázatban szereplő színeket, felmerülhet a kérdés, hogy honnan tudjuk, hogy a szimmetrikus kialakítású ellenállást melyik oldaláról kezdjük el leolvasni. 5%-os, 10%-os ellenállásoknál ilyen probléma nem merül fel, hiszen arany, ill. ezüst szín nem lehet az értéksávban, az 1%-os, 0,5%-os, 0,25%-os, ill. 0,1%-os ellenállásokat jelképező színek azonban igen. **Az alkatrészgyártók ezért a tűrést jelző színgyűrűt lehetőség szerint a többitől távolabb helyezik el.**

Az itt felsoroltakon kívül az ellenállásoknak még számos egyéb megjelenési formáját is meg lehetne említeni, különös tekintettel a teljesítmény-, ill. műszerelektronikában használt típusokra, azonban a gyakorlaton való munkavégzéshez kezdetnek az itt szereplők ismerete is elegendő.

A fentiekben fix értékű ellenállásokkal találkozhattunk, azonban gyártanak változtatható értékű ellenállásokat is. Ilyenek a potencióméterek és a trimmek. A trimmer ellenállásokat az áramkörünk finomhangolására alkalmazzuk, általában egy csavar segítségével állítható, és nem üzemszerű állításra van kifejlesztve. A potenciómétereket működés közben a felhasználó változtatja, az erre szolgáló ergonómikusan kialakított tekerő segítségével.

A változtatható értékű ellenállások tokozása és geometriai mérete igen sokszínű – a gyakorlaton bemutatunk néhány példát.

³² A gyakorlatban 4, ill. 5 színsávú ellenállásokkal találkozhatunk, a táblázat az 5 színsávú ellenállást mutatja be. A 4 színsávú ellenállás leolvasásakor a 3. értéksávot kell elhagyni. Mindemellett 4 színsávú ellenállásokból nem kaphatunk 0,1%, ill. 0,25%, míg 5 színsávú ellenállásokból 5%, ill. 10% tűréssel rendelkező példányokat.

Második előadás

2.4.1.1.1.3. Ellenállásorok

Méretezési eljárásaink során a legkülönfélébb ellenállásértékek jönnek ki eredményül. Természetesen végtelen sokféle értékű ellenállással a gyártók nem szolgálhatnak, ezért ún. ellenállásorokat hoztak létre. (E6, E12, E24, E48, E96, stb.) Ezek mértani sorozatok, amelyekben az értékek egy egyszerű algebrai képlet alapján követik egymást.

$$q = \sqrt[n]{10}$$

Az n értékét a sorozat nevéből tudjuk meghatározni (E24 $\rightarrow n = 24$). A sor mindig 1-től indul, és a következő értéket úgy kapjuk meg, hogy a q -val (kvóciens) megszorozzuk az előző értéket. Egy dekádon belül n érték van, és az értékek dekádonként ismétlődnek.

A sorok tőrését a következő táblázat tartalmazza.

E6	E12	E24	E48	E96
20%	10%	5%	2%	1%

A gyakorlatokon való egyszerűbb munkavégzéshez itt megadjuk a két leggyakrabban használt ellenállásor értékeit.

E24 sor (5%)			
1	1,8	3,3	5,6
1,1	2,0	3,6	6,2
1,2	2,2	3,9	6,8
1,3	2,4	4,3	7,5
1,5	2,7	4,7	8,2
1,6	3	5,1	9,1
E96 sor (1%)			
1	1,78	3,16	5,62
1,02	1,82	3,24	5,76
1,05	1,87	3,32	5,90
1,07	1,91	3,40	6,04
1,1	1,96	3,48	6,19
1,13	2,00	3,57	6,34
1,15	2,05	3,65	6,49
1,18	2,10	3,74	6,65
1,21	2,15	3,83	6,81
1,24	2,21	3,92	6,98
1,27	2,26	4,02	7,15

1,30	2,32	4,12	7,32
1,33	2,37	4,22	7,50
1,37	2,43	4,32	7,68
1,40	2,49	4,42	7,87
1,43	2,55	4,53	8,06
1,47	2,61	4,64	8,25
1,50	2,67	4,75	8,45
1,54	2,74	7,87	8,66
1,58	2,80	4,99	8,87
1,62	2,87	5,11	9,09
1,65	2,94	5,23	9,31
1,69	3,01	5,36	9,53
1,74	3,09	5,49	9,76

2.4.1.1.2. Kondenzátor

A kondenzátor legalább két párhuzamos vezetőből (fegyverzet) és a közük helyezett szigetelő anyagból (dielektrikum) áll. A kondenzátor az ellenálláshoz hasonlóan passzív alkatrész, azonban attól eltérően frekvenciafüggő elem. -90° -os fázistolással rendelkezik. A kondenzátorban a töltéstárolás feszültség formájában történik – a magára hagyott (feltöltött) kondenzátor feszültséggenerátorként üzemel. Használhatjuk energiatárolásra, szűrésre, csatolásra/leválasztásra, frekvenciafüggő áramkörök létrehozására. A kondenzátor legfontosabb jellemzője a **kapacitása**, vagyis a töltéstároló képessége ($Q=C \cdot U ; i=C \frac{du}{dt} ; W = \frac{1}{2} CU^2$). A kondenzátor legfontosabb határértéke a **névleges feszültsége**, amelyen még biztonságosan üzemeltethető.

2.4.1.1.2.1. A kondenzátorok csoportosítása

- **Elkó** (elektrolit kondenzátor, polaritásérzékeny)
 - **Alu-Elkó:** A legegyszerűbb, és legolcsóbb kivitelű elektrolit kondenzátor. Nagy értékű kapacitása és nagy névleges feszültsége miatt pufferelemként előszeretettel alkalmazzák. Nagy soros ellenállásuk miatt ezek a kondenzátorok lassúak, valamint a dielektrikum idővel kiszárad – ezért kell lehetőleg az áramköri lapon hűvösebb helyre helyezni. Polaritásérzékeny alkatrészek, fordított polaritás esetén a kondenzátor felpúposodik, ill. fel is robbanhat. Átlagos tűrése 20%.
 - **Tantál**³³: az Alu-Elkónál kisebb szivárgási áram, időtállóság, pontosabb érték, szélesebb hőmérséklet tartomány és nagyobb ár jellemzi. Különleges esetekben, pl. műszertechnikában használatos. A legjobb hatásfokkal és gyorsasággal is ezek az elektrolit kondenzátorok rendelkeznek. A polaritásos Tantál kondenzátor, ahogy az alumínium elkó is fordított polaritás esetén tönkremehet. Érdekesség, hogy létezik száraz, vagyis polaritásmentes kivitelben is. Átlagos tűrése 10%.

33 Kialakítása miatt szokás csepp kondenzátornak is nevezni.

Második előadás

- **Goldcap:** Nagy kapacitásértékű (akár 1F), kis névleges feszültségű (3,3V, 5V, max. 50V) kondenzátorok tartoznak ide. Általában CMOS áramkörökben alkalmazzák, tápkimaradás, vagy elemcsere idejére. A Goldcap kondenzátorok is polaritásérzékeny alkatrészek. Átlagos tűrése 20%.
- **Száraz kondenzátor** (nem érzékeny a polarításra)
 - **Kerámia:** Általában szűrésre alkalmazott kondenzátor, a dielektrikum kerámiából áll. Kis értékű kapacitásokat lehet velük megvalósítani, viszonylag nagy szórással (ahogy megyünk feljebb az értékben 5%-ról (NP0) 20%-ra (Z5U) nő). Kisebb értéknél egy darab tárcsából, nagyobb értékeknél több lemezből (multilayer) állnak. Maximum 2,2 μ F valósítható meg velük.
 - **Fólia:** Magasabb igényű helyekre (precíziós analóg elektronika, nagyfrekvencia) fólia kondenzátort alkalmaznak. Ezeknek ára nagyobb, mint a kerámia társaiké, azonban pontosságuk, bizonytalanságuk jobb. Akár néhány 100 μ F is elérhető velük
 - **Papír:** A dielektrikum papír. Nagyfrekvencián nem használatos. Leginkább erősáramú elektronikában, ill. rádiótechnikában fordul elő. Értéke 100pF÷10000 μ F-ig terjed.
 - **Csillámkondenzátor:** A dielektrikum ásványi eredetű csillám. Nagyon nagy stabilitás, és jó nagyfrekvenciás paraméterek jellemzik. Átviteltechnikában, ill. a műszeriparban etalonként használatos. Értéktartománya 1pF÷100 μ F
 - **Fémezett kondenzátor:** Itt a fegyverzet alapanyagát adja az elnevezés. A fegyverzet vékony fémréteg (horgany, vagy alumínium). A dielektrikum papír, vagy műanyag. Értéktartomány 100 μ F÷50000 μ F

A megfelelő kondenzátorok kiválasztásához komoly tapasztalat szükséges, a gyakorlatokon néhány tipikus példával illusztráljuk a lehetséges eseteket. Amennyiben van minden esetben a gyártói ajánlást kell alapul venni! Az adott áramkörökhöz a tervező kikötheti, hogy csak kerámia, vagy csak fólia kondenzátor alkalmazható. Szerepelhet low ESR³⁴, vagy ESL³⁵ kitétel elektrolit kondenzátorok esetén.

A kondenzátorok értéke általában az alábbi táblázatban szereplő E12-es sor szerint alakul.

E12 sor (10%)			
1	1,8	3,3	5,6
1,2	2,2	3,9	6,8
1,5	2,7	4,7	8,2

Az egyes kondenzátorok értékét és névleges feszültségét a gyártók rányomtatják az alkatrészre. Amennyiben találunk prefixumot az értékben akkor azt az ellenállásnál már megtanult módon tizedesvesszőként alkalmazzuk. Amennyiben nincs prefixum, akkor száraz kondik esetén 3 db számot kell látnunk. Az első kettő az értéket jelöli pF-ban, míg a harmadik szám a szorzótényezőt, 10 hatványában – amennyiben nincs 3. szám, akkor az első két szám adja az értéket pF-ban. A szorzótényezőknél a 6 és a 7 nem használt, a 8 0,1-nek, a 9 0,01-nek felel meg.

34 A kondenzátor helyettesítőképében szereplő soros ellenállás, amellyel a veszteséget jelképezzük.

35 A kondenzátor soros induktivitása. Itt jegyeznénk meg, hogy az alkatrészek a valóságban nem ideálisak, adott frekvencián a kondenzátor ellenállásként, vagy akár induktivitásként is viselkedhet.

Második előadás

Elképzelhető még olyan jelölés is, ahol egy pont után van megadva az érték, akkor a pont a tizedesvesszőt jelöli. Az elektrolit kondenzátorokon az érték mindig μF -ban kerül jelzésre³⁶ – kivéve ez alól a Goldcap, ami a nagy kapacitása miatt Faradban is meg lehet adva³⁷. A névleges feszültség V értékben szerepel a kapacitásokon (száraz kondenzátorok esetén ált. minimum 100V, 250V; elkónál nagyon széles skálán mozog).

Kondenzátorok tűrése												
B	C	D	E	F	G	H	J	K	M	N	P	Z
0,1%	0,25%	0,5%	0,5%	1%	2%	3%	5%	10%	20%	0,05%	+100%; -0%	-20%; +80%

Fólia kondenzátorok anyagára utaló jelzések:

- MKT: Fémezett poliészter (PETP)
- KS: Polisztirol film/fólia
- MKC: Fémezett polikarbonát
- KP: Polipropilén film/fólia
- KT: Poliészter

A kerámia kondenzátorok esetén találkozhatunk egy betű-szám-betű kombinációval (pl. Z5U). A következő táblázat összefoglalja a kód jelentését.

Első karakter (betű)	Minimális hőmérséklet	Második karakter (szám)	Maximális hőmérséklet	Harmadik karakter (betű)	Tűrés
Z	+10°C	2	+45°C	A	+1,0%
Y	-30°C	4	+65°C	B	1,5
X	-55°C	5	+85°C	C	2,2
		6	+105°C	D	3,3
		7	+125°C	E	4,7
				F	7,5
				P	10,0
				R	15,0
				S	22,0
				T	+22; -33
				U	+22; -56
				V	+22; -82

³⁶ Az esetek többségében kiírják a mértékegységet.

³⁷ A mF mértékegységet a szakmában nem használjuk.

Második előadás

Egyes esetekben a gyártók az EIA³⁸ által szabványosított kódolást alkalmazzák:

R DM 15 F 471(R) J 5 O (C)

Jelölés	Jelentés
R	EIA kód jelölése
DM	DM ³⁹ : lekerekített, CM ⁴⁰ : szögletes kialakítás
15	Tokozás méretének kódja
F	Drift ⁴¹ és TK
471R	A már megbeszéltek alapján a kondenzátor értéke (itt 470pF). Az R jelöli a tizedesponot (használata nem kötelező).
J	A kapacitás toleranciája (5%)
5	Névleges feszültség (500V)
O	Hőmérséklet tartomány
C	C ⁴² : hullámos, S ⁴³ : egyenes lábú kiserelés

A hadseregnél kismértékben eltérő jelölést alkalmaznak:

CM 15 B D 332 K N 3

Jelölés	Jelentés
CM	DM ⁴⁴ : lekerekített, CM ⁴⁵ : szögletes kialakítás
15	Tokozás méretének kódja
B	Drift ⁴⁶ és TK
D	Névleges feszültség
332	A már megbeszéltek alapján a kondenzátor értéke (itt 3,3nF).
K	A kapacitás toleranciája (10%)
N	Hőmérséklet tartomány
3	Vibrációs határérték

38 Az amerikai kormányzat energiaügyi tájékoztató hivatala. (U. S Energy Information Administration).

39 Dipped case style.

40 Molded case style.

41 Ciklikus drift: a Curie hőmérséklet fölé emelve a kondenzátor dielektrikumát egy visszaállási hiba jön létre.

42 crimped

43 straight

44 Dipped case style.

45 Molded case style.

46 Ciklikus drift: a Curie hőmérséklet fölé emelve a kondenzátor dielektrikumát egy visszaállási hiba jön létre.

Hőmérsékleti és ciklikus drift az EIA, valamint MIL⁴⁷ jelölések esetén		
Jelölés	Drift	TK
B	nem meghatározott	nem meghatározott
C	0,5% + 0,1pF	200ppm/°C
D	0,3% + 0,1pF	100ppm/°C
E	0,1% + 0,1pF	-20; +100ppm/°C
F	0,05% + 0,1pF	0; + 70ppm/°C

Hőmérséklet tartomány az EIA, valamint MIL jelölések esetén	
M	-55°C ÷ 70°C
N	-55°C ÷ 85°C
O	-55°C ÷ 125°C
P	-55°C ÷ 150°C

Névleges feszültség a MIL jelölések esetén	
A	100
B	250
C	300
D	500
E	600
F	1000
G	1200
H	1500
J	2000
K	2500
L	3000
M	4000
N	5000
P	6000
Q	8000
R	10000
S	12000
T	15000

Második előadás

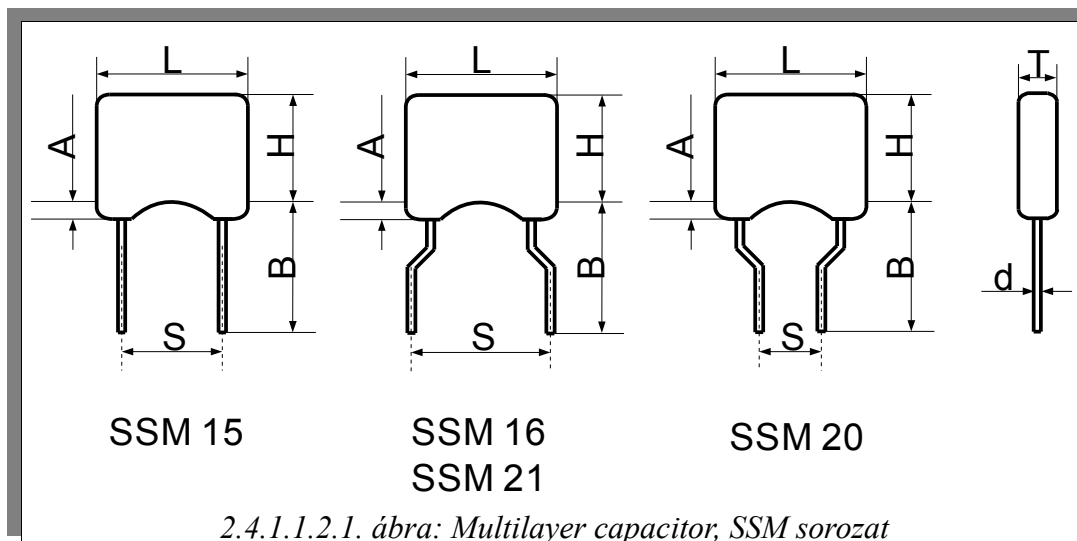
U	20000
V	25000
W	30000
X	35000

Néhány példa a kondenzátorokon található értékek értelmezésére:

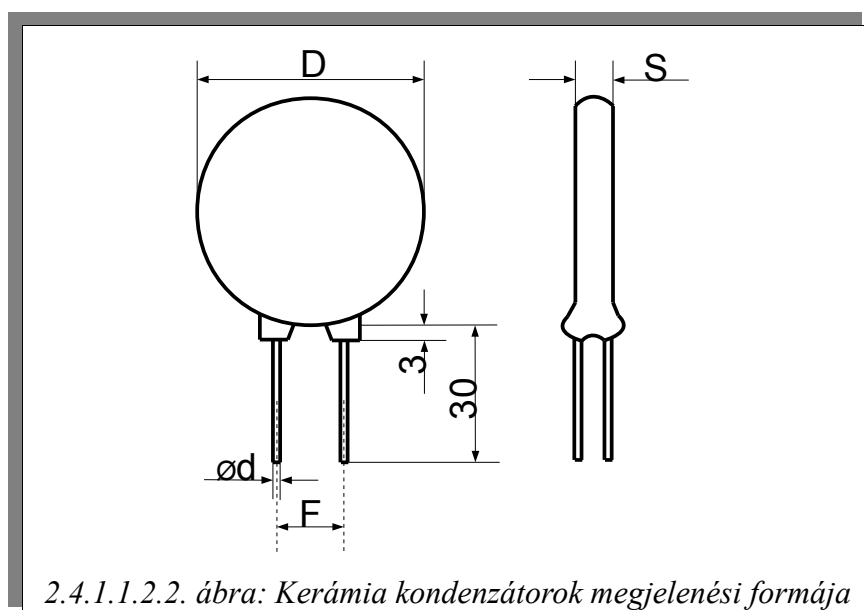
Leolvasott érték	Valódi érték
104	100nF
681	680pF
3n3	3,3nF
22	22pF
100 μ F	100 μ F
103	10nF
472	4,7nF
330n	330nF
1.0F	1F
.1 μ F	100nF
22000	22000 μ F
10000 μ F	10000 μ F
DM 15 D B 222 F P 1	2,2nF
R CM 15 C 104R M 5 N (S)	100nF

Második előadás

Kerámia kondenzátorok a 2.4.1.1.2.1. és a 2.4.1.1.2.2. ábrán látható kivitelekben fordulnak elő.

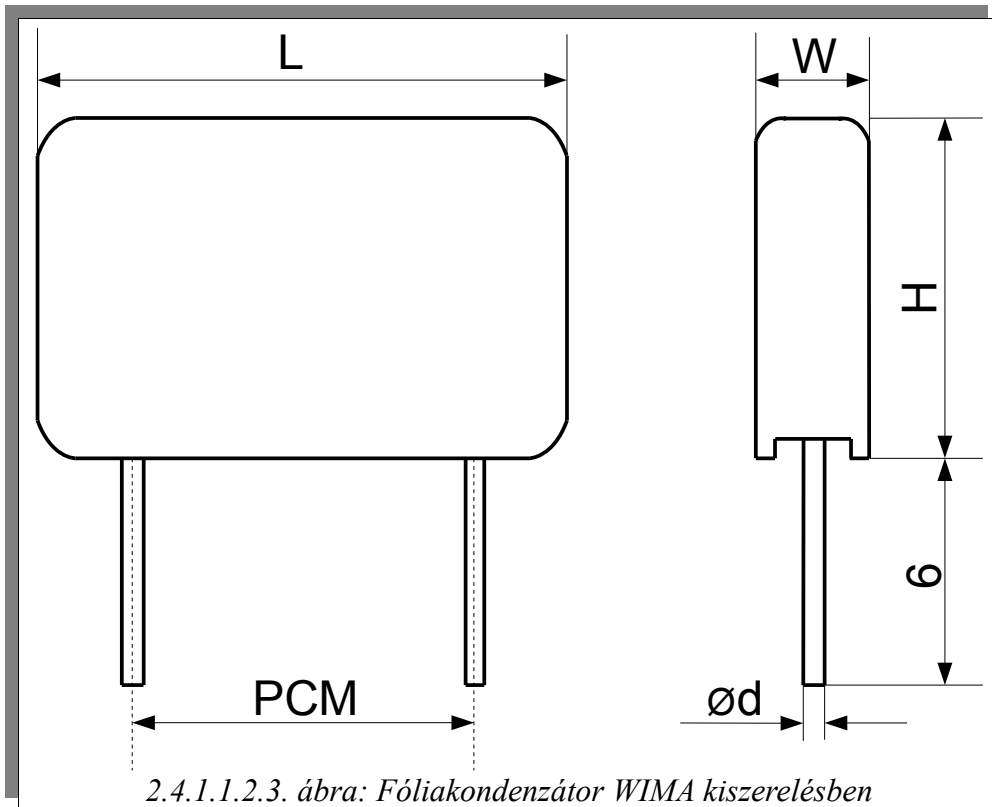


Tokozás típusa	A (mm) MAX	B (mm) MIN	L (mm) MAX	H (mm) MAX	S (mm)	T (mm) MAX	d (mm)
SSM15	2	28	4,06	3,81	2,54	2,54	0,508
SSM16	2,54	28	4,06	3,81	5,08	2,54	0,508
SSM20	2,54	28	5,08	5,08	2,54	3,18	0,508
SSM21	2,54	28	5,08	5,08	5,08	3,18	0,508

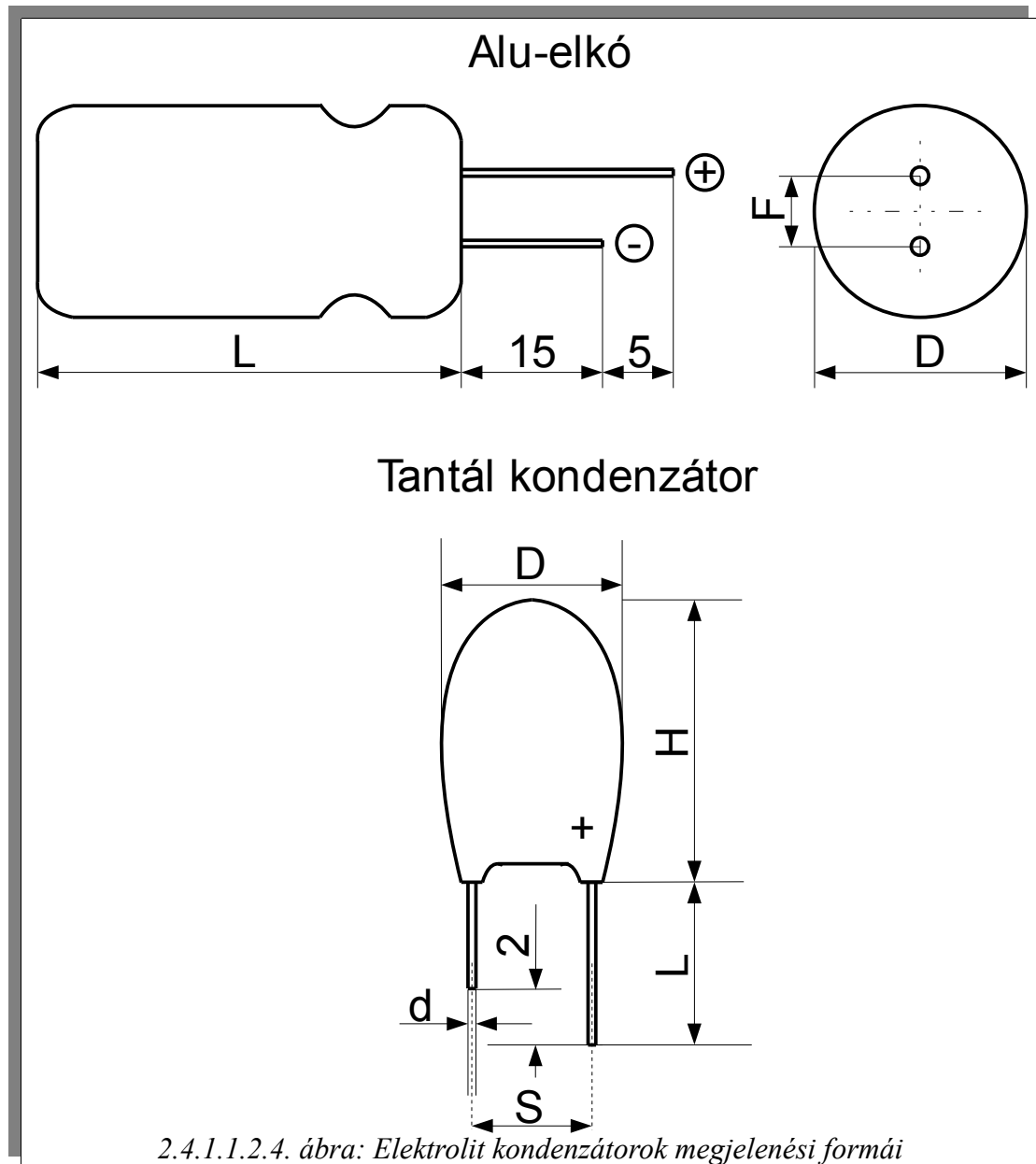


Második előadás

A 2.4.1.1.2.3. ábrán láthatjuk a leggyakoribb fóliakondenzátor kivitelét.



A 2.4.1.1.2.4. ábra mutat példát elektrolitkondenzátorok megjelenési formáira.



Az alumínium elektrolit kondenzátorból kétféle kiszerelés terjedt el széles körben – a **fekete színű SK⁴⁸** jelzésű, a kék színű GR jelzésű sorozat. Bár ezek adott kapacitásértékeken belül a lábtávolságban megegyeznek, külső méreteik eltérnek!

Kondenzátorokból az ellenálláshoz hasonlóan gyártanak változtatható értékűt is – ezek a trimmer⁴⁹ és forgókondenzátorok⁵⁰. A gyakorlaton mutatunk rá példát.

48 SM, SS, SY, vagy SE miniatűr, vagy szuper miniatűr kivitel.

49 Hangolásra, általában rezgőkörök, szűrők beállítására szolgál.

50 Régi rádiókban lehet velük találkozni. A vételi frekvencia beállítására szolgál.

2.4.1.1.3. Induktivitás

Az induktivitás⁵¹ a kondenzátorhoz hasonlóan frekvenciafüggő elem. +90°-os fázistolással rendelkezik. Az induktivitásban a töltéstárolás áram formájában történik – a magára hagyott (feltöltött) induktivitás áramgenerátorként üzemel. Használhatjuk energiatárolásra, szűrésre, DC-DC feszültségkonverterek alapeleme. Az induktivitás legfontosabb jellemzője az **induktivitása**, vagyis az energiatároló képessége ($U=L\frac{di}{dt}; W=\frac{1}{2}LI^2$). Az induktivitás legfontosabb határértéke a **névleges árama**, amelyen még biztonságosan üzemeltethető.

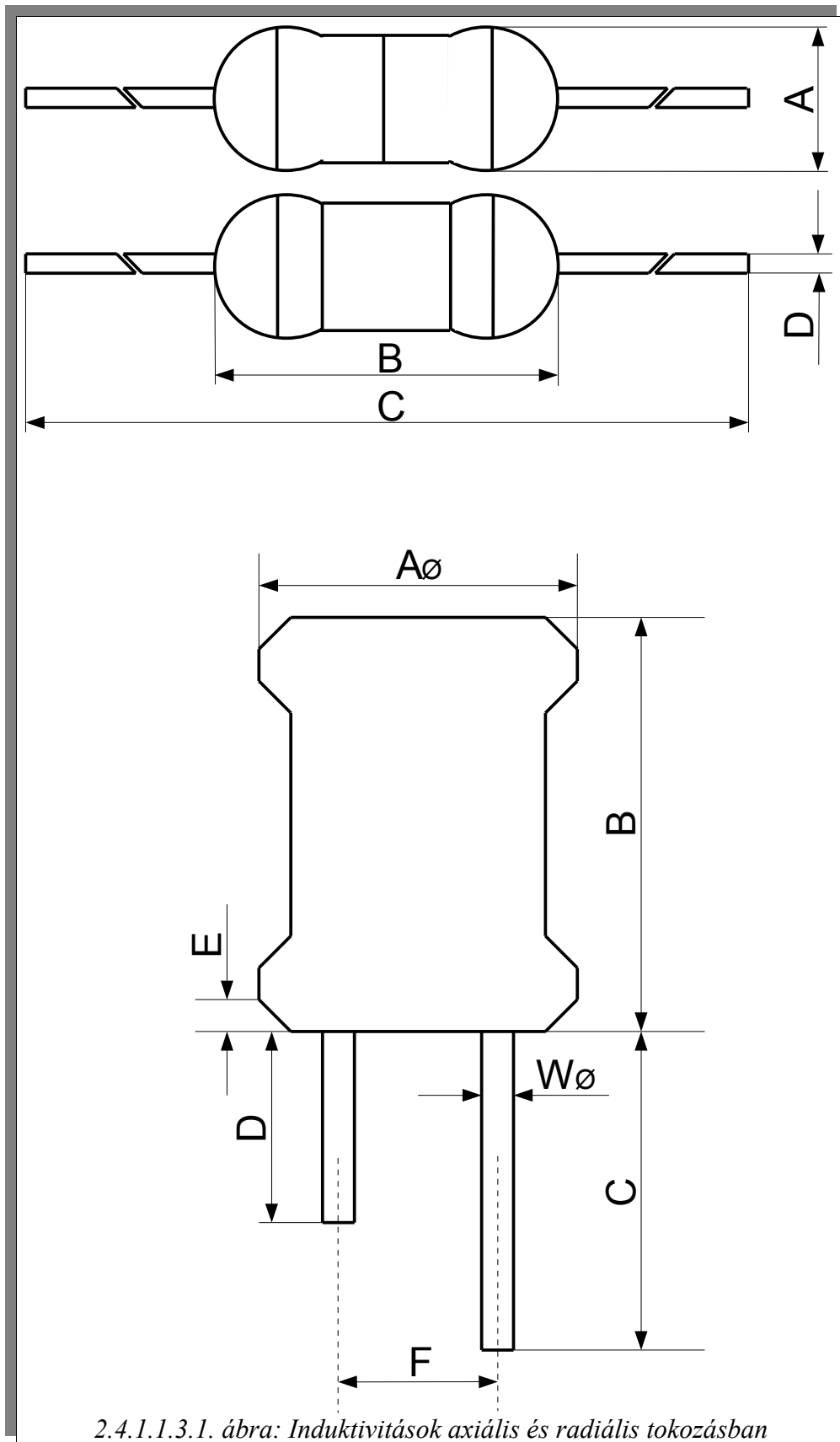
Az induktivitások értékét kétféleképpen szokás jelezni, színkódokkal az axiális, és számokkal a radiális kivitelben. A színkódok az ellenállásoknál már megismert módhoz hasonlóan alakulnak, az alaplértékegység a μH . A toleranciát nem kötelező feltüntetni. A színkódtáblázatot a következő táblázat tartalmazza:

Színek	Első gyűrű	Második gyűrű	Harmadik gyűrű	Negyedik gyűrű
	Értéksáv		Szorósáv	Tűrés
Fekete	0	0	1	20%
Barna	1	1	10	
Piros	2	2	100	
Narancs	3	3	1000	
Sárga	4	4		
Zöld	5	5		
Kék	6	6		
Lila	7	7		
Szürke	8	8		
Fehér	9	9		
Arany	-	-	0,1	5%
Ezüst	-	-	0,01	10%

A számokkal történő jelzés hasonló a kondenzátorok jelzéséhez, az első két szám az értéket adja μH -ben, míg a harmadik szám a szorzótényező (az első számot egy pont jelzi). A következő táblázatban láthatunk erre példákat.

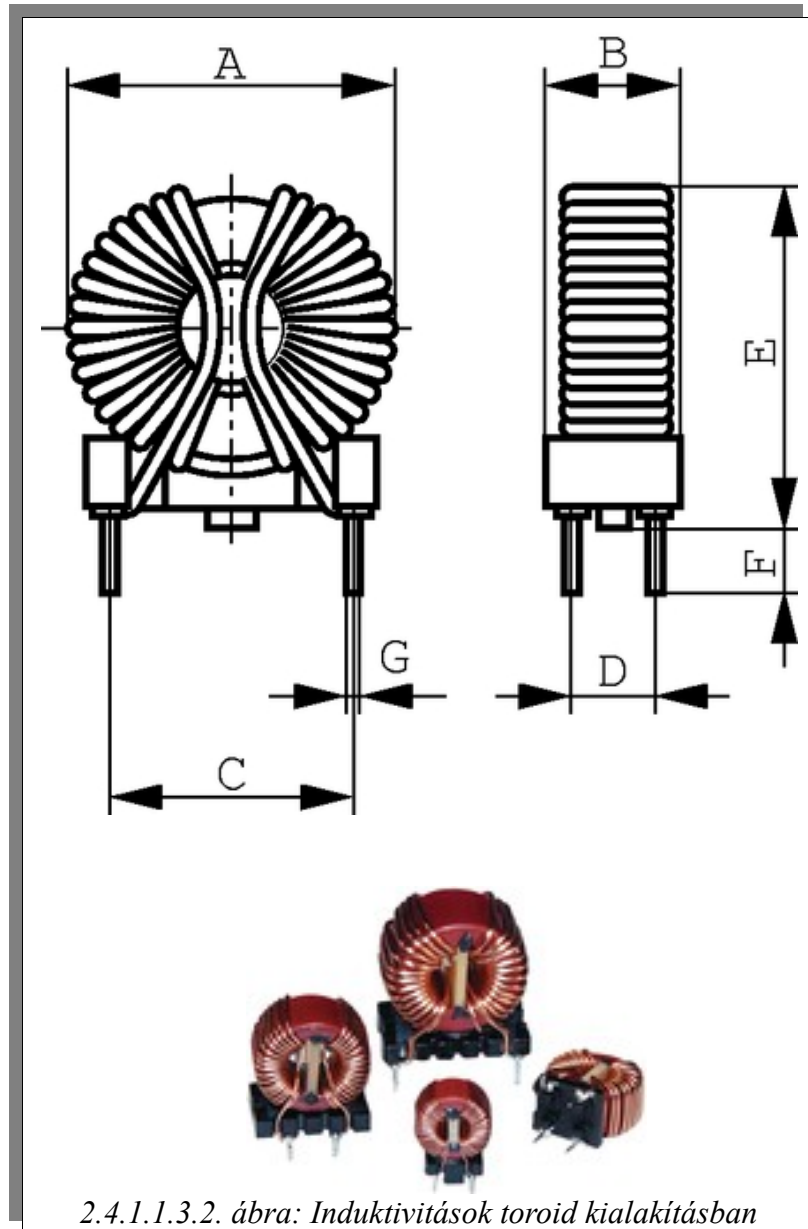
Leolvasott érték	Valódi érték
•470	47 μH
•331	330 μH
•681	680 μH
•101	100 μH

51 Vagy tekercs



2.4.1.1.3.1. ábra: Induktivitások axiális és radiális tokozásban

Nagyobb áramértékekre ($>1A$) a 2.4.1.1.3.1. ábrán bemutatott kiszerelések nem alkalmasak. Ilyen esetekben toroid kialakításhoz folyamodunk (2.4.1.1.3.2. ábra).



2.5. Mechanikai megmunkálások a nyáklemez gyártása során

A második gyakorlati foglalkozáson a diákok egy előre kimaratott nyáklemezt kapnak, amelyen gyakorolhatják a méretre vágás és fúrás munkafolyamatát. A harmadik gyakorlaton kerül sor a NYÁK beültetésére, vagyis a forrasztási eljárásra, valamint a bemérésre.

2.5.1. NYÁK lemez története, bevezetés

Az elektronika fejlődésével az egyszerű vezetékes összeköttetés már nem volt elegendő. A NYÁK – Nyomtatott Áramköri Kártya, vagy NYHL – Nyomtatott Huzalozású Lemez, vagy PCB – Printed Circuit Board jelenlegi formájában először 1943-ban jelent meg Paul Eisler szabadalmaként. Eisler az elődöktől eltérően – Albert Parker Hanson⁵² (1903), Charles Ducas⁵³ (1925) – már üvegszálás hordozóra vitte fel a rézfóliát.

A NYÁK jelentősége a tranzisztor megjelenésével vált kiemelkedővé. Az elektroncsövek mérete miatt nem feltétlenül kellett volna nyomtatott áramköri lapon elhelyezni őket, azonban a tranzisztorral beköszöntött az elektronikában a miniatürizálás, és ezzel együtt a nyomtatott áramkörök kora. A nyomtatott áramkörök használatával elkerülhető a 2.5.1.1. ábrán látható „érdekes” vezetékezés.

A többrétegű NYÁK-ok megjelenéséig egészen 1961-ig kellett várni. Ekkortól kezdve az adott területen elhelyezhető alkatrészek száma ugrásszerűen megnő (1958-ban jelent meg az első integrált áramkör). Ma már általános a kétoldalas, ill. négyrétegű NYÁK-ok alkalmazása – a processzortechnikában 16 rétegű áramkörökkel dolgoznak.

A nyomtatott áramköröket a gyakorlatok során a kiskereskedelemben is kapható rézfóliával ellátott üvegszálás hordozóból kiindulva fogjuk elkészíteni, erről részletesen a későbbi gyakorlatokon lesz szó.

A kezdeti korszakban a NYÁK-okkal szemben csupán a vezetékezés egyszerűsítése volt a követelmény. Ma már a NYÁK-nak ennél többet kell tudnia teljesíteni:

- a nagyfrekvenciából, hőmérséklet különbségből adódó stabilitási problémákat meg kell oldania
- a keletkező hőmérsékletet jól kell tudnia eldisszipálnia
- könnyen lehessen megmunkálni, azonban megfelelő szilárdsággal rendelkezzen
- álljon ellen a környezeti hatásoknak, és a megmunkálás során alkalmazott vegyszereknek
- amennyiben szükséges merev, vagy rugalmas⁵⁴ legyen
- a hordozó nagy fajlagos ellenállással, átütési szilárdsággal rendelkezzen
- a hordozóra könnyen lehessen felvinni a vezetőrétet

52 Az áramköri lapok alkatrészt még nem tartalmaztak, csak a vezetékezést.

53 Tőle ered a nyomtatott áramkör kifejezés. Maszk segítségével vitte fel a hordozóra a vezetősávokat, majd galvanizálással rögzítette.

54 Flexibilis NYÁK.



2.5.1.1. ábra: Kábeldzsungel

2.5.2. NYÁK anyaga

A mechanikai megmunkáláshoz elengedhetetlen, hogy ismerjük a NYÁK anyagát. A nyomtatott áramkör a hordozóból és a hordozóra felvitt vékony (18 μ m, 35 μ m, 70 μ m) rézrétegből áll – vagyis az anyag nem homogén szerkezetű.

A következő táblázat összefoglalja, hogy milyen NYÁK-okkal találkozhatunk az anyaguk függvényében.

Ipari megnevezés	Hordozó anyaga	Leírás
G3	Üveg – Fenolgyanta	Nagy szakítószilárdság Száras körülmények között jó villamos tulajdonságok
G10	Üveg – Epoxigyanta	Nagy szakítószilárdság. Páratartalomtól függetlenül is jó villamos tulajdonságok. Megfelelő szigetelési ellenállás.
G11	Üveg – Epoxigyanta	Hasonló, mint a G-10. Javított hőállóság.
FR-1	Papír – Fenolgyanta	Jó nedvesség, és elektromos ellenállás Lángálló (Flame Retardant)
FR-2	Papír – Fenolgyanta	Hasonló, mint az FR-1. Jobb nedvességtűrés, mérettartás.
FR-3	Papír – Epoxigyanta	Nagyobb szakítószilárdság. Jó, stabil villamos tulajdonságok, nagy páratartalom esetén is. Furatfémezhető.
FR-4	Üveg – Epoxigyanta	Hasonló, mint a G-10, csak lángálló. Furatfémezhető.
FR-5	Üveg – Epoxigyanta	Mint a FR4, javított hőállóság.
FR-6	Üveg – Poliészter	Kiemelkedő lángállóság. Furatfémezhető.
CEM-1 CEM-2	Vegyés – Epoxigyanta	Cellulóz papír és üvegszál erősítők lángálló epoxigyanta kötőanyag

Az iparban az FR-4 jelzésű hordozó terjedt el (90%). Ezek szerint üvegszállal megerősített epoxigyantát, valamint rézfelületet kell majd megmunkálnunk.

2.5.3. Méretre vágás eszközei

A méretre vágást az iparban általában egy CNC megmunkálógép végzi (gyakran ugyanaz, amelyikkel a furatokat alakítják ki) marófejjel, vagy lézerrel. Mi a gyakorlatokon a NYÁK-ot fűrészeléssel, ill. darabológép használatával alakítjuk ki. A leszabott munkadarabról a sorját reszelővel távolítjuk el.

A darabológép és a fűrész használatáról, és a hozzájuk tartozó munkavédelmi szabályokról a gyakorlatokon szóban tartunk ismertetést.

A méretre vágás folyamatában megkülönböztetünk technológiai méretet, és végleges méretet. A technológiai méret nagyobb mint a munkadarab mérete. Valójában az a legkisebb méret, amivel a későbbi munkafolyamatokban még boldogulunk. A végleges méretre rá kell hagynunk hogy a különböző megfogószerkezetek ne a végleges méreten belül roncsolják az anyagot, valamint az esetleges próbafúrásoknak, forgácsolási érintéseknek is lehetőséget kell biztosítanunk.

2.5.4. Furatok, viák elkészítésének eszközei

A furatok minden rétegen átmennek (mechanikai rögzítésre, furatszerelt alkatrészek beültetésére), míg a viák egyes rétegeket kötnek össze. Mi a gyakorlatokon egyoldalas áramköröket fogunk gyártani, vagyis csak furatokkal kell majd dolgoznunk.

A furatok elkészítésének lehetséges módjai:

- Lyukasztás
- Fúrás
- Speciális megmunkálási eljárások (lézer, plazma, kémiai út).

A gyakorlatokon állványos fűrógép áll rendelkezésünkre a furatok elkészítésére. A furatok elkészítésekor néhány dologgal tisztában kell lennünk. Mivel általában kis átmérőjű furatokat kell kialakítani, ezért a fordulatszámot nagyra kell választanunk. A nagy fordulatszám magával hordozza a felmelegedés veszélyét – ezt mindenképpen el kell kerülnünk, hiszen a NYÁK hordozóanyaga az epoxigyanta 100°C felett már megolvad, károsítva ezzel a furatot, valamint a fúrót. **A fúró anyaga Wolfram-Carbid⁵⁵ – nagyon jó kopásállósággal, keménységgel, valamint hőállósággal rendelkezik, azonban ridegsége miatt nem megfelelő használat esetén könnyen eltörhető. Erre a gyakorlatokon külön figyelmet kell fordítani!**

A fúrással kapcsolatos munkavédelmi előírásokat és a fűrógép használatát a gyakorlatokon részletesen ismertetjük.

55 Volfrám-karbid

2.6. A második előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések

- **Válogassa ki az Ön előtt lévő alkatrészeket típus szerint (ellenállás, kondenzátor, induktivitás)! Adja meg a kondenzátorok értékét és névleges feszültségét!**
- **Adja meg az Ön előtt lévő 10 db ellenállás névleges értékét, és tűrését, valamint azt a teljesítményt amire még üzemszerűen igénybe vehető! Szükségünk van egy 10Ω -os értékű ellenállásra, amelyet 1A statikus áramerősségnek teszünk ki az adott alkalmazásban, milyen teljesítményű, ill. tokozású ellenállást ajánl?**
- Milyen típusú száraz kondenzátorokat ismer, miben hasonlítanak, különböznek, milyen kivitelben fordulnak elő? Milyen határértékeket ismer kondenzátorok esetén?
- Ismertesse az iparban használatos elektrolitkondenzátorokat, miben különböznek a száraz társaiktól, milyen kivitelben találkozhatunk velük?
- Milyen tokozásban fordulnak elő induktivitások (rajz), milyen határértékeket ismer induktivitásra vonatkozóan?
- Mi az a raszter?
- A kapott táblázatban szereplő leolvasott értékek alapján adja meg az alkatrész valódi értékét!
- Mi a NYÁK, milyen anyagokból készül, adjon meg egy jellemző anyagkonstrukciót, és a tulajdonságait?
- Mi a technológiai méret, a nyákgyártás során milyen méretre vágási módokat ismer, mi az amit mindenképpen el kell végezni a méretre vágás után?
- **Mit tud a NYÁK-on történő furatok kialakításáról? Milyen fordulatszámokon végezné a NYÁK-ok fúrását? A fúró milyen anyagból készüljön, és miért?**

3. Harmadik előadás

3.1.1.1. Aktív THT alkatrészek tokozása

A félvezető technika csak 3. évben kerül ismertetésre, ezért a diódák, tranzisztorok, integrált áramkörök működésének ismertetésétől eltekintünk⁵⁶, és csupán a leggyakoribb tokozásokat vizsgáljuk meg.

3.1.1.1.1. Dióda

A dióda két kivezetéssel ellátott egy PN átmenetet tartalmazó félvezető eszköz. Leggyakoribb alkalmazási területe az egyenirányítók, polaritásvédelem, vágóáramkörök, elemi feszültségstabilizátorok, kapcsolók, tetszőleges karakterisztikát megvalósító áramkörök.

Előfeszítés: A dióda P típusú kivezetését anódnak, míg N típusú kivezetését katódnak nevezzük. Az anódra – a katódhoz képest – pozitívabb potenciált adva nyitóirányú előfeszítésről beszélünk – míg fordított esetben a záróirányú előfeszítés valósul meg.

3.1.1.1.1.1. Diódák csoportosítása

Egyenirányító: Berendezéseink leggyakoribb energiaellátási formája a szabványos 230V-os hálózat. Tudjuk, hogy ez 50Hz frekvenciájú szinuszosan váltakozó feszültség. Az áramköreink azonban tápfeszültségként az egyent tolerálják (MP beállítások). Szükségünk van tehát egy AC/DC átalakító áramkörre. Erre a célra egyenirányító diódákat alkalmazunk, különböző elterjedt kapcsolásokban⁵⁷. Lassabban működnek kapcsoló társaiknál t_{rr} ⁵⁸ (<8ns; <4ns), viszont nagyságrendekkel nagyobb áramot és záróirányú feszültséget képesek elviselni.

Kapcsoló: A dióda karakterisztikája alapján alkalmas elektronikus kapcsolóként való üzemeltetésre. A kapcsoló diódák közös jellemzője a kis értékű t_{rr} (<8ns; <4ns).

Schottky: Alacsony (200-300mV) nyitófeszültséggel rendelkező dióda.

Zener: A Zener-diódát az ún Zener szakaszban, vagy letörési (lavina) szakaszban üzemeltetjük. Erre a tartományra az a jellemző, hogy a diódán széles áramhatárok között is közel ugyanakkora feszültség esik (kis dinamikus ellenállás). A Zener diódát záróirányban üzemeltetjük.

Suppressor: A Zener diódához hasonló tulajdonságokkal rendelkezik. Általában statikus vonalak túlfeszültség védelmére szoktuk alkalmazni. Rövid ideig nagyon nagy teljesítményt képes eldisszipálni⁵⁹. A Zener diódával szemben igen nagy (1000pF) kapacitása van. A Suppressor diódát záróirányban üzemeltetjük.

56 A jegyzetben elméleti anyag nem szerepel – azonban kérésre a gyakorlati idő keretein kívül az oktató ismerteti a diódák és tranzisztorok működésének megértéséhez szükséges félvezető-technikai hátteret.

57 Soros egyutas csúcs egyenirányító, Graetz kapcsolású egyenirányító, kétutas egyenirányító középmegecsapolásos módszerrel, stb.

58 Reverse recovery time – dióda feléledési idő.

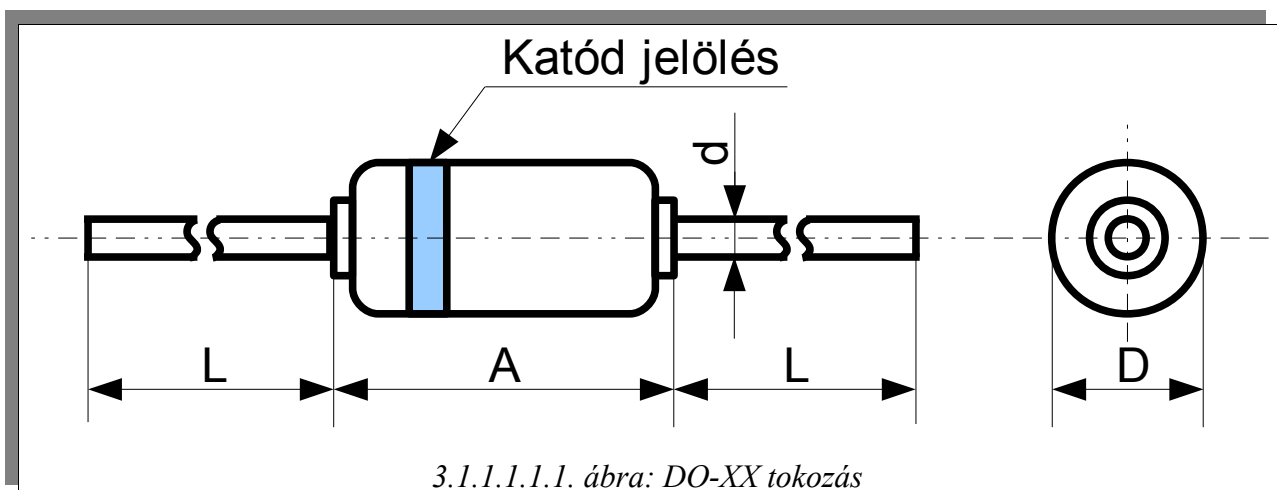
59 5W állandó teljesítmény. 250 °C 10s-ig. 1500W 100µs-ig.

Harmadik előadás

- Varicap: Különleges kialakítású dióda. A PN-átmenetet kapacitásként felfogva a diódára különböző nagyságú előfeszítés segítségével különböző kapacitásértékek állíthatók elő.
- Diódahíd: Egy tokban 4db egyenirányító diódát alakítanak ki Graetz alkapcsolásban és négy kivezetéssel látják el.
- Speciális diódák: Extrém kis szivárgó árammal rendelkező diódák (pA). Áram szabályozó diódák. Feszültség referenciák. Alagút dióda (karakterisztikája alapján képes megvalósítani a negatív dinamikus ellenállást, ezért alkalmazható oszcillátorokban).Tűs dióda.

3.1.1.1.1.2. Dióda tokozásai

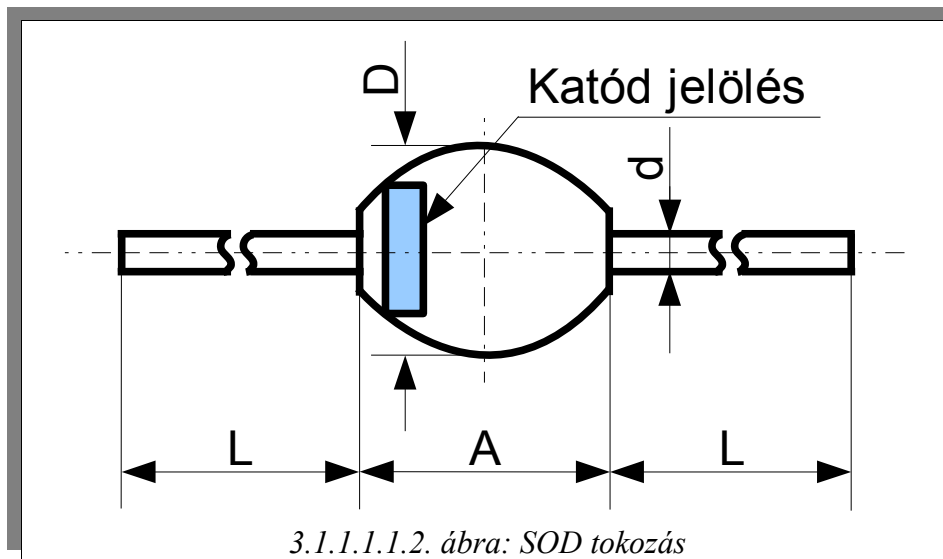
A diódákkal általában a 3.1.1.1.1.1. ábrán látható DO-XX tokozásban találkozhatunk.



	DO-15	DO-41	DO-201	DO-201AD	SOD-81	R-6
L (min) [mm]	26	25,4	25,4	27,2	28	25,4
A (max) [mm]	6,75	5,2	9,5	7,6	5	9,1
D (max) [mm]	3,53	2,7	5,6	4,6	2,15	7,2
d (max) [mm]	0,88	0,86	1,3	1,25	0,81	1,3

Harmadik előadás

Ritkábban előfordulhatnak a 3.1.1.1.1.2. ábrán látható SOD tokozások.



	SOD54	SOD-64
L (min) [min]	26	26
A (max) [max]	4	4
D (max) [max]	3,6	4,3
d (max) [max]	0,82	1,35

Nagyobb teljesítményre is mutatunk tokozásokat a gyakorlaton, ill. a következő oldalon erről részletesen lehet olvasni: <http://www.interfacebus.com/semiconductor-diode-packages.html>

3.1.1.1.2. Tranzisztor

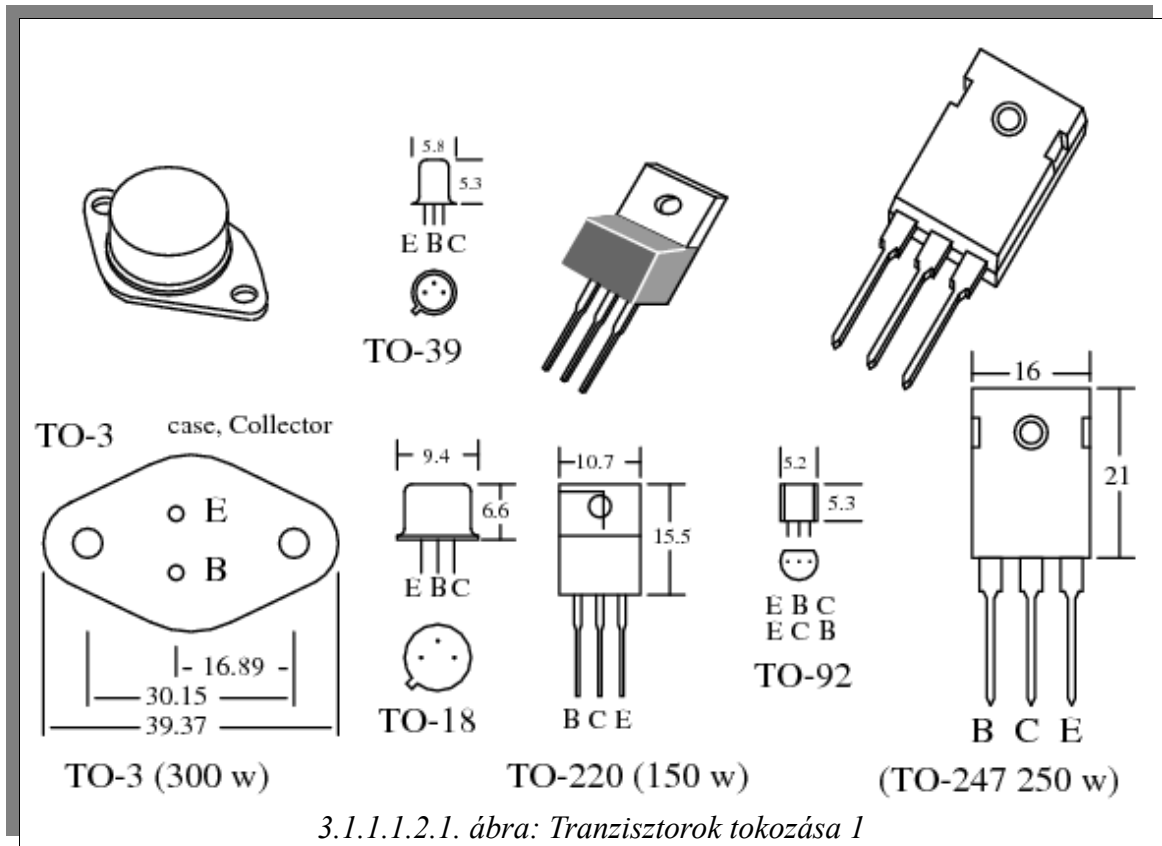
A tranzisztor három kivezetéssel ellátott eszköz. A tranzisztorokat az alábbi csoportokba tudjuk besorolni:

- Bipoláris tranzisztor
 - NPN típusú tranzisztor
 - PNP típusú tranzisztor
- FET
 - JFET
 - ➔ N típusú JFET
 - ➔ P típusú JFET
 - MOSFET
 - ➔ Kiürítéses MOSFET
 - ◆ NFET
 - ◆ PFET
 - ➔ Növekményes MOSFET
 - ◆ NFET
 - ◆ PFET

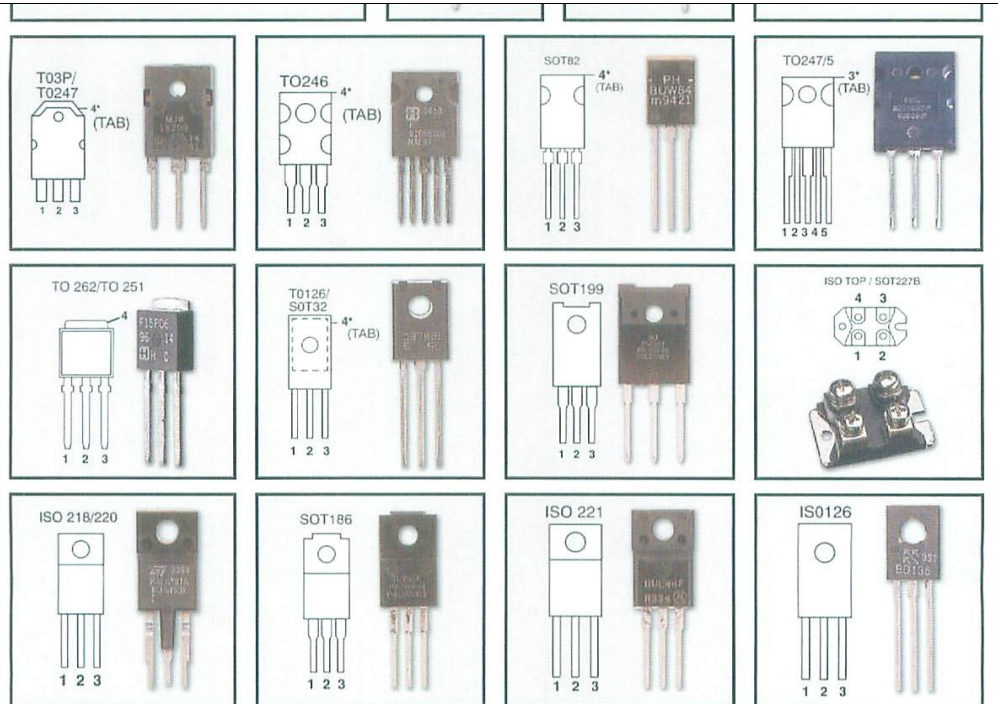
A gyakorlatokon jellemzően bipoláris tranzisztorokkal fogunk találkozni. A bipoláris tranzisztorok 3 kivezetéssel ellátott két PN átmenetet tartalmazó félvezető eszközök.

A bipoláris tranzisztor kivezetései az emitter (kibocsájtó), bázis (alap) és kollektor (gyűjtő) elnevezéseket kapták. A P és N rétegek elhelyezkedése alapján megkülönböztetünk NPN, és PNP tranzisztorokat.

A tokozások kivitele igen széles skálán mozog. A 3.1.1.1.2.1. ábrán láthatunk néhány példát. A TO-18, és TO-39 ún. kalapos tranzisztorok esetén a kis fül az emitter jelölésére szolgál. A TO-92 tokozás felülnézeti képén láthatjuk a kivezetéseket – az EBC bekötés nálunk, ill. az angolszász nyelvterületen terjedt el, míg a ECB sorrend Japánra jellemző. A TO-3 tokozásnál csak két kivezetést látunk, amik el vannak szigetelve a fémháztól – a harmadik kivezetés (C) maga a ház. A TO-220, TO-247 jelzésű kiserelésnél a fémház szintén a kollektor.



3.1.1.1.2.1. ábra: Tranzisztorok tokozása 1



JFET & MOSFET Pinout Data					
	1	2	3	4	5
A	Gate	Drain	Source	-	
B	Gate	Source	Drain	-	
C	Source	Gate	Drain	-	
D	Source	Drain	Gate	-	
E	Drain	Source	Gate	-	
F	Drain	Gate	Source	-	
G	Gate	Drain	Source	Drain	
H	Gate	Source	Drain	Drain	
I	Source	Gate	Drain	Drain	
J	Drain	Source	Gate	Case	
K	Source	Drain	Gate	Case	
L	Source	Gate	Drain	Source	

BIPOLAR Transistors Pinout Data				
	1	2	3	4
A	Base	Collector	Emitter	-
B	Base	Emitter	Collector	-
C	Emitter	Base	Collector	-
D	Collector	Base	Emitter	-
E	Base	Collector	Emitter	Collector
F	Emitter	Base 1	Collector	Base 2
G	Base	Emitter	Collector	Case
H	Emitter	Base	Collector	Case
I	Emitter	Collector	Base	Collector

3.1.1.1.2.2. ábra: Tranzisztorok tokozása 2

3.1.1.1.3. Integrált áramkör

Az integrált áramkörök furatszerelt kivitelben DIL, TO-XX, vagy ZIL tokozásban fordulnak elő. A DIL tokozás az ellenállásnál, a TO-XX tokozás egy része a tranzisztornál került ismertetésre.

Az integrált áramkörök hordozója lehet műanyag (Plastic – PDIP), vagy kerámia (CERDIP, CDIP). Ez utóbbiak a hőmérsékletnek jobban ellenállnak.

A Zig-zag In Line tokozás a SIL tokozásra hasonlít, azonban a lábak két sorban vannak kihajlítva, cipzár alakban, innen az elnevezés.

Az integrált áramkörök kiserelése sokszínűségének tanulmányozásához látogassunk el a: http://www.interfacebus.com/Design_Pack_types.html weboldalra.

3.1.2. Felületszerelt technológia

A felületszerelt technológiával készült alkatrészeket⁶⁰ az alkatrészoldalra helyezzük el, és ott is rögzítjük őket. A gyakorlaton idő hiányában nem dolgozunk felületszerelt alkatrészekkel, azonban néhány tokozási formát érdekességképpen bemutatunk.

SMD alkatrészek kiserelésére találunk példát a külön csatolt pdf dokumentumban, ill. a következő weboldalon: http://www.fairchildsemi.com/packaging/surface_mount.html

3.1.2.1. A THT és az SMT összehasonlítása

Furatszerelt alkatrészeket ma már általában csak olyan helyeken alkalmaznak, ahol eleve nagyok a méretek (teljesítményelektronika), ill. ahol a felületszerelt technológiát kombinálják a furatszerelt technológiával (vegyes szerelés). A furatszerelt technológia gépi beültetésénél felmerül az alkatrészek túlságosan is eltérő kivitelének problémája, ezért sok helyen alkalmazzák a kézi, vagy félautomatikus beültetést. Furatszerelt alkatrészek esetén a tesztelés egyszerűbbnek bizonyul, hiszen kisebb lábszámú alkatrészeket kell vizsgálni, könnyebben hozzáférhető helyen. Felületszerelt alkatrészeket tartalmazó panelen mindig DFT⁶¹-t alkalmaznak, és az integrált áramköröket peremfigyeléses technológiával tesztelik. A felületszerelt alkatrészekkel adott területen nagyobb alkatrész-sűrűség és így nagyobb stabilitás is érhető el. Az integrált áramkörök esetén nagyobb lábszámok (256; 512) valósítható meg. Az SMT-t könnyebb automatizálni, gazdaságosabb, és gyorsabban végezhető el a beültetés – a panel mindkét oldala, ill. a köztes rétegek is felhasználhatóak. Felületszerelt technológia esetén a tervezés a nagy alkatrész-sűrűség és a minimális lábtávolság miatt nehezebb, az alkatrészek beültetésénél sokkal nagyobb a pontossági követelmény, mint a THT esetén (automatizálás).

60 SMD: Surface Mounted Device – Felületszerelt alkatrész

61 Designe For Test – Tesztelésre történő tervezés.

3.2. A harmadik előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések

- **Válogassa ki az Ön előtt lévő alkatrészeket típus szerint (ellenállás, kondenzátor, induktivitás, dióda, tranzisztor, integrált áramkör)!**
- **Milyen határértékeket ismer diódák, tranzisztorok és integrált áramkörök esetén?**
- Az Ön előtt lévő tranzisztorok közül válassza ki az(oka)t amely(ek)ből végfokozatot építene!
- Milyen diódákat ismer, jellemezze őket néhány szóban?
- Milyen meghajtást nem szabad alkalmazni diódák esetén (általános esetben), és miért?
- A diódák és a tranzisztorok tokozása milyen betűjellel kezdődik? Mondjon néhány jellemző tokozást!
- Milyen tokozásban fordulnak elő integrált áramkörök (+rajz)?
- **Magyarázza meg a DIL elnevezést, honnan tudjuk, hogy melyik láb melyik az ilyen tokozásban (rajzzal)?**
- Miért előnyös a fémházas kiserelés a plastik tokkal szemben? Adjon meg legalább 2db fémházas kiserelésű tokozást!
- A Zener diódát milyen irányban csatlakoztatná az áramkörbe? Mi az előnye az integrált áramkör használatának?

4. Negyedik előadás

4.1. A NYÁK-gyártás folyamata

Az iparban a nyomtatott áramköri kártyákat többféle módszerrel is elő lehet állítani. A jegyzet alapvetően kétféle módszert ismertet – az iparban egyes helyeken használt technológiák ettől néhány ponton eltérhetnek. A harmadik bemutatott nyákgyártási metódust a gyakorlatokon fogjuk alkalmazni – itt csak egyoldalas NYÁK-okkal fogunk találkozni.

4.1.1. Additív⁶² technológia

A hordozóra (szigetelőanyag pl. FR4) a vezetősávokat az előre elkészített maszk⁶³ által szabadon hagyott helyekre kémiai úton viszik fel. Ennek az eljárásnak az előnye főként az árban és a technológia egyszerűségében nyilvánul meg, mindemellett nagyon finom rajzolatot tesz lehetővé. A rézfólia mivel utólag lett elhelyezve a hordozón gyengébb tapadással rendelkezik. Ezt az eljárást ritkábban alkalmazzák.

A technológiai sorrend a következő:

- A kiindulás egy rézfólia nélküli hordozóanyag (szigetelő), amely felület aktivált és ragasztóval van ellátva
- A lemezt a kívánt helyeken kifűrják
- A felületet aktiválják – a rajta lévő ragasztó ragadni fog
- Felviszik a negatív maszkot
- Kémiai úton bevonják a maszk által nem takart részeket rézzel
- Kémiai úton ón-ólom bevonatot képeznek

4.1.2. Szubtraktív⁶⁴ technológia

A szubtraktív technológia kiindulási alapanyaga rézbevonattal (10 μ m, 17 μ m, **35 μ m**, 70 μ m, 105 μ m) ellátott szigetelőanyag (hordozó) – amelynek vastagsága 0,2 mm és 3,2 mm közé esik (leggyakrabban ha nincsenek különleges igények, akkor 1,5-es nyákot használunk). Az additív technológiával szemben ennél az eljárásnál a vezetősávokat alkotó rézbevonatot nem felvinni kell a hordozóra, hanem a nem kívánt réteget kell eltávolítanunk. A megtartani kívánt rézfóliát egy maratásálló védőréteggel vonjuk be, majd egy maratószerrel a felesleges rézréteget vegyi úton eltávolítjuk.

Az eljárás előnye a jobb réztapadás, míg hátrányként lehet megemlíteni az alámaródás következtében a korlátozott rajzolatfinomságot.

62 Hozzáadó

63 Mivel a fémréteg azokra a helyekre kerül, ahol nincs maszk, ezért ezt az eljárást negatív maszkolásnak nevezzük.

64 Kivonó

Negyedik előadás

A technológiai sorrend⁶⁵:

- A lemez technológiai méretre vágása
- Helyező furatok elhelyezése
- Pakettálás⁶⁶
- Lemezcsomagok kifúrása
- Sorják eltávolítása
- A felület megtisztítása (zsírtalanítás)
- Panelgalvanizálás (kémiai rézbevonatok elkészítése)
- A maratásálló maszk felvitele (szitanyomás, fotolitográfias módszer)
- Szelektív maratás
- A maszk eltávolítása
- Csatlakozók galvanizálása (keményarany)
- A forrasztást elősegítő réteg galvanizálása (ón-ólom)
- Védőlakk felvitele
- Forrasztásgátló lakk felvitele
- Alkatrész-pozíciók fotózása
- Lemezek méretre vágása

A technológiai méretről és a mechanikai megmunkálásról a korábbiakban már volt szó (2.5. fejezet). Pakettáláskor lemezcsomagokat készítünk, hogy a fúrás során az eljárást meggyorsítsuk több lemez egyszerre történő kifúrásával. A megfelelő pozicionáláshoz helyező furatokra van szükségünk. 1,5-es NYÁK vastagságot figyelembe véve kb. 3 db fúrható egyszerre. A fúró anyagáról volt szó ez a leggyakrabban wolfram-carbid vagy ipari gyémánt. A fordulatszám – figyelembe véve a kis átmérőket – igen nagy $\sim 30000-120000 \frac{1}{min}$ az előtolás 0,01 és $0,5 \frac{mm}{ford}$ között mozog. A furatmélység maximuma az átmérő 7-szerese. A fúrógép vezérlése lehet gépi (NC, ill. ma már inkább CNC), vagy kézi – azonban több NYÁK kifúrása csak gépi vezérlés mellett lehetséges, hiszen biztosítani kell a fúróra történő merőlegességet. Gépi fúrás során általában a legkisebb átmérő 0,5mm, ami még egyszerűen galvanizálható – lézeres megmunkálóállomások könnyedén boldogulnak a 0,3 mm-es furatokkal is, azonban itt a galvanizálás egy kissé körülményes.

65 Itt – az eljárás elterjedtsége okán – egy kicsit részletesebben tárgyaljuk a technológiai sorrendet – amelytől a gyártók kisebb mértékben eltérhetnek.

66 Kötegelés

Negyedik előadás

A kifűrt lemezeket kötelező sorjamentesíteni. A nagyobb fűróval történő sorjátlanítás sajnos nem oldható meg, hiszen a későbbi furatgalvanizálás megbízhatóságát a furatél roncsolása (törése) jelentős mértékben csökkenti. A sorjátlanítást csiszolással oldják meg, ennek komoly előnye, hogy egy lépésben megoldható a felület megtisztítása is.

A furatok közül megkülönböztetünk átmenőfuratokat, amelyek csak a rétegek közötti összeköttetést biztosítják, átmenő furatokat amelyek alkatrészek befogadására is alkalmasak, ill. betemetett galvanizált furatokat.

A panelgalvanizálás során a furatok falára olyan vastag rézréteget viszünk fel, amely egyrészt biztosítja a galvanikus (fémes) kapcsolatot a rétegek között, másrészt nem oldódik ki a későbbi munkafolyamatok (további galvanizálás, maratás) során. A kémiai rézbevonatok felvitele előtt a felületet zsirtalanítani kell, majd mikromaratás segítségével tudjuk elérni, hogy a galvanizálás során a furatok élének és a rézfólia találkozási pontjánál is homogén rézréteg alakuljon ki. A panelt ezek után erős savas oldatba (króm-kénsav) merítjük – ezáltal a butadién⁶⁷ részecskék roncsolásával üregeket és csatornákat képezünk ki a rézrétegen, vagyis felület aktívvá⁶⁸ tesszük. A felület érzékenyítése történhet ónsóval. Az érzékenyítést és aktiválást egy lépésben is el lehet végezni. Először egy sósavas oldatba mártjuk a lemezt – erre azért van szükség, mert a később használt kolloid⁶⁹os oldat nagyon érzékeny a vízre. Amennyiben a kolloidos oldatot víz éri kolloid szemcsék oldódnak a vízben és ezáltal nem tudnak majd a furatok falára kiválni – mivel ezek a részecskék indítják a későbbiek folyamán a rézkiválást a felületre nagyon fontos a homogenitásuk biztosítása. Szintén a kiválás miatt kell a kolloid oldat létrehozásánál a következő sorrendet betartani: először a sósavba kell a palládium koncentrátumot (a palládium szemcséket egy védőkolloid réteg ón-klorid veszi körül) adagolni, majd desztillált vízzel leöblíteni. A vizes öblítés hatására ón(II)-hidroxid válik ki, amelynek eltávolítását utóaktiválásnak, vagy védőkolloid eltávolításnak is nevezik, és fluor-bórsav⁷⁰ (HBF₄) segítségével történik. Mindezen lépések után következik a tényleges galvanizálás, amelynek során réz, nikkell és króm réteget viszünk fel ebben a sorrendben.

A maszkot alapvetően kétféle módszerrel vihetjük fel a panelre az egyik a (direkt és indirekt) szitanyomás technológiája, a másik pedig a fotolitográfias módszer. A fotolitográfias eljárás, valamint a maratás részletes leírását lásd a 4.1.4.2. fejezetben!

67 A műanyaggyártás (hordozó) során felhasznált anyag.

68 A réteg fizikailag felületaktív mert üregek és csatornák alakultak ki, mindemellett kémiai is felületaktív, a maratás következtében.

69 „**Kolloidnak** nevezzük az olyan anyagokat, amelyek részecskéinek nagysága nagyobb, mint az atomok és a molekulák mérete, de szabad szemmel még nem különböztethetőek meg, esetleg erős felbontású mikroszkóppal láthatóvá tehetőek. A kolloidok átmérője mintegy 10-szer, 100-szor nagyobb, mint az atomok és a kisebb molekulák mérete. A kolloidok olyan oldatok, amelyekben igen apró méretű – 1 nm-től az 500 nm-ig terjedő méretű szemcsék – vannak oldva, szétszórva, elkeverve, diszpergálva.” forrás: Wikipédia.

70 A cianidos fürdő gyorsabb és olcsóbb, azonban a nagyfokú mérgezési veszély miatt csak különös körültekintés mellett alkalmazható.

4.1.3. Additív és szubtraktív technológia rövid összehasonlítása

Additív technológiát korlátozott mechanikai terhelhetősége miatt csak a vastagréteg-technológiában alkalmaznak. A legelterjedtebb eljárás jelenleg a szubtraktív technológia – ezt kisüzemi gyártás esetén részesítik előnyben. Létezik még a féladditív eljárás, amelynek kiindulási alapanyaga nagyon vékony rézfóliával ellátott szigetelőlemez. A furatok kialakítása után ón-ólom ötvözetet galvanizálnak a kívánt helyekre – majd a felesleges rézet lemaratják (a vasklorid az ónnal és az ólommal nem lép reakcióba). Ez utóbbi eljárást leginkább nagyüzemekben figyelhetjük meg.

4.1.4. A gyakorlatokon történő NYÁK gyártás

4.1.4.1. Kézi NYÁK tervezés

A NYÁK tervezés elméletét a következő foglalkozáson világítjuk meg, itt csupán a gyártástechnológiára térünk ki.

A NYÁK-ok kézi rajzolása a következő technológiai sorrendet követeli meg:

- A NYÁK megtervezése papíron (lehetőség szerint rászterhálós papíron)
- A lemez technológiai méretre vágása
- A forrpontok átpontozása a lemezre
- Tisztítás (súrolópor, NYÁK-radír)
- NYÁK filccel a pozitív maszk felvitel (fordítsunk különös gondot a forrpontokra)
- Maratás
- Tisztítás (súrolópor)
- Védőlakk felvitele
- Fúrás
- Beültetés, forrasztás

4.1.4.2. NYÁK tervezés CAD szoftver segítségével

Kiindulási alapként fogadjuk el, hogy pauszpapíron rendelkezésünkre áll a kész NYÁK-terv.

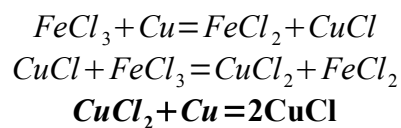
A technológiai sorrend:

- A lemez technológiai méretre vágása
- Tisztítás (súrolópor, NYÁK-radír)
- Fotorezisztens lakkal történő lefújás
- Levilágítás
- Előhívás
- Vizes öblítés
- Maratás
- Tisztítás (súrolópor)
- Védőlakk felvitele
- Fúrás
- Beültetés, forrasztás

Fotolitográfias eljárás során egy fotorezisztens maratásálló lakkot alkalmazunk. Ez a lakk UV fény hatására megváltoztatja tulajdonságát (az ellenálló képességét). Létezik pozitív és negatív változata. Pozitív lakk (pl. P20) esetén ahol UV fény érte a lakkot, ott ellenáll a lúgnak, míg ahol nem érte ott lúgos oldattal le lehet mosni. A lefújás műveletekor visszük fel a lakkot a lemezre, a levilágítás UV fényel történő megvilágítást jelképez – a megvilágítás az elkészített maszkon keresztül történik. Előhívás során lúgos oldatba mártjuk, és a felesleges helyekről lemossuk a lakkot.

A Maratás előtt vizes oldatban leöblítjük a lemezt. A maratás történhet vasklorid, rézklorid, krómsav, ammóniumperszulfát, vagy kénsav-hidrogénperoxid segítségével.

Vasklorid esetén a következő reakcióegyenletet tudjuk felírni:



4.2. Forrasztási alapok ismételése

Alkatrészeinket a nyomtatott áramköri lapon forrasztásos technikával rögzítjük. A későbbiekben legyártott NYÁK-okba az adott alkatrészeket be kell ültetni, majd beforrasztani, azért hogy ez gyorsan és egyszerűen menjen végbe átismételjük amit a forrasztásról már a tavalyi év során megtanultunk.

4.2.1. Forrasztási folyamat ismertetése

A forrasztás egy alakkal záró kötés, amelynek során a szilárd szerkezeti elemeket egy náluk alacsonyabb olvadáspontú olvadt fémötvözetrel (forraszanyaggal) kötjük össze.

FONTOS: a forrasztás során az összekötendő anyagok nem olvadnak meg, a forraszanyag diffúziós⁷¹, vagy adhéziós⁷² kapcsolattal köt.

A folyamat során a következő lépések valósulnak meg:

- Nedvesítés, a forraszanyagot felvisszük az összekötendő anyagokra. A forrasztási hőmérséklet alsó határán a forraszanyag megolvad, szétterül a munkadarab tetején, nedvesíti azt.
- Megfolyás, a forraszanyag beszívódik a forrasztó hézagba. Szűk hézag esetén a kapilláris (szívó) erők, nagyobb rések esetén a gravitációs erő hatására.
- Kötés létesítése, a szemcsehatárokon a forraszanyag behatol az alapfémbe. A két anyag egymásba diffundál.

Amennyiben a kötés létesítése után az anyagot tovább melegítjük rövid időn belül elérjük azt a hőmérsékletet ahol a forraszanyag elég!

71 A koncentrációkülönbségből adódó részecskemozgás.

72 Felületi tapadóképesség. A kapcsolatba kerülő felületek anyagi részecskéi között vonzóerő alakul ki.

4.2.2. Forrasztás a gyakorlatban

A jó minőségű forrasztás létesítésének van néhány elengedhetetlen feltétele:

- Mindig ellenőrizzük a forrasztandó anyagok felületét! A köztük lévő hézagoknak kicsinek⁷³ kell lennie, a felületeknek tisztának, szennyeződés- és oxidmentesnek kell lennie!
- Folyasztószer nélkül csak védőgázban tudnánk forrasztani (l. magas hőmérsékletű forrasztás), ezért a gyakorlatok során mindig kell folyasztószert alkalmazni! A folyasztószert a forrasztóanyag tartalmazhatja.
- A megfelelő hőmérséklet kritikus, ahhoz, hogy elérjük a forrasztáshoz szükséges minimális hőmérsékletet a munkadarabon, ennél magasabb hőmérséklet előállítása szükséges. Ez a magasabb hőmérséklet huzamosabb idő után károsítja a forrasztóanyagot!
- Villamos forrasztás esetén ügyelnünk kell az alkatrészeink hőmérséklet toleranciájára is. A forrasztás olyan magas hőmérsékleten történik, ami túllépi a határértékként az alkatrészekre megadott maximális hőmérsékletet. A forrasztópákával a lehető legrövidebb ideig szabad csak az alkatrészlábakat melegíteni!

A forrasztás hőmérséklete alapján az alábbi csoportosítást tudjuk elvégezni:

- Lágyforrasztás (folyasztószerral, 450°C alatt, kis szilárdság, de tömör és jó vezetőképesség)
- Keményforrasztás (folyasztószerral, védőgázban vagy vákuumban, 450°C felett, nagy szilárdság)
- Magas hőmérsékletű forrasztás (védőgázban, vagy vákuumban, 900°C felett)

A gyakorlatokon mi lágyforrasztást fogunk alkalmazni.

A lágyforrasztás forrasztóanyagai:

- A kategória: Ólom-Ón lágyforrasztóanyag (bádogos munkák, L-PbSn20Sb)
- B kategória: Ón-ólom lágyforrasztóanyag (villamos forrasztások, (L-Sn60PBCu))
- C kategória: Különleges lágyforrasztóanyag (pl. finommechanika, L-SnAg5)
- D kategória: Lágyforrasztóanyag alumíniumhoz (L-CdZn20)

⁷³ Amennyiben vezetősáv szakadást szeretnénk kijavítani, mindig használjunk valamilyen vezetőanyagot a forrasztáshoz, sohase próbáljuk meg közvetlenül a forrasztóónnal összekötni a megszakadt vezetősávokat!

Negyedik előadás

Folyasztószerék lágyforrasztáshoz:

- F-SW11⁷⁴ (forrasztóvíz): 150°C-ig, cink-ammóniumklorid savtartalmú oldata.
- F-SW21 (forrasztózsír, forrasztóolaj): 200-400°C-ig, cinkklorid-ammóniumklorid és szerves zsírok folyékony, vagy pasztaszerű keveréke.
- F-SW31⁷⁵ (fenyőgyanta): 200-400°C-ig, szerves gyanta.

4.2.3. Néhány jó tanács a gyakorlatokon történő forrasztáshoz

- A felületeket mindig tisztítsuk meg, szennyezett, oxidos rétegre nem fogunk tudni forrasztani!
- A forrasztás nem attól lesz erős és megbízható, hogy minél több forrasztóónt alkalmazunk, épp ellenkezőleg! Törekedjünk az ónszegény harangalakú forrasztási pontok kialakítására!
- Amennyiben egy forrasztással nem vagyunk megelégedve, az anyag ismételt felmelegítésével – esetleg ónszippantó, vagy ónszívó sodrát segítségével – javítsuk a hibánkat! Soha ne hagyjunk áramkörünkben elhidegülésre hajlamos forrasztási pontokat!
- A forrasztópákáról amennyiben szennyeződés, vagy túl sok forraszanyag került rá azt el kell távolítani! Erre a célra szolgál az előzőleg benedvesített pákaszivacs.
- A páka hegyén minimális mennyiségű ón mindig legyen a jobb hővezetés érdekében.
- A forrasztás során a pákával az egyik oldalról melegítsük fel az alkatrészlábat, majd a másik oldalról adagoljuk az ónt! A forraszanyag megolvadása után a pákát vegyül el az anyagtól lehetőség szerint felfelé, hogy kialakuljon a harang alakú forrasztás!
- Az alkatrészeket magasságuk szerint célszerű beültetni – fokozottan ügyelve a melegítésre érzékeny – félvezető, integrált – alkatrészekre.

74 S → nehézfémekhez, L → könnyűfémekhez, W → lágyforrasztáshoz, H → keményforrasztáshoz.

75 Az általunk használt forrasztóón ezt a folyasztószeret gyárilag tartalmazza.

4.3. A negyedik előadáshoz tartozó ellenőrző kérdések

- Milyen technológiai eljárásokat ismer a NYÁK-ok gyártására vonatkozóan? Ismertessen legalább egyet!
- Milyen fűrót, fordulatszámot, előtolást, valamint furatmélységet ajánlana a nyomtatott áramköri kártyák furatainak elkészítéséhez?
- Milyen típusú furatokat ismer a NYÁK-ok esetében? Írja le, hogy milyen módon lehet az egyes rétegek között a fémes kötést biztosítani!
- Miért nem szabad nagyobb átmérőjű fűróval sorjátlanítani a NYÁK-okon kialakított furatokat?
- Mi az a fotolitográfias eljárás, írja le röviden a folyamatot!
- Milyen kémhatású anyagot használna előhívásra, ill. maratásra, írjon legalább egy konkrét példát is!
- Írja le a gyakorlaton NYÁK-ok elkészítésére használt technológiai sorrendet!
- Ismertesse a forrasztási folyamatot!
- Mi az alapvető különbség a forrasztás és a hegesztés között? Milyen sorrendben ültetné be az alkatrészeket?
- Milyen forrasztóanyagokat és a forrasztást megkönnyítő segédanyagokat ismer?