

VII. Nyomtatott huzalozású lemez tervezés elektronikai szerelési technológiák tesztelésére – bővített segédlet a méréshez

A mérés célja: Olyan nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) megtervezése, amely alkalmas az adott szerelőlemez gyártási technológia határainak megállapítására.

A mérés során a hallgató megismerkedik a Mentor Graphics PADS CAD szoftvercsaláddal.

A mérési feladat: A mérésvezető irányításával a hallgatók számítógépes áramkörtervező rendszerrel megtervezik az adott mintázattal rendelkező lemezt. A rajzolatot és a hozzá tartozó stencil apertúrákat úgy alakítják ki, hogy a lemez a legyártása után alkalmas legyen az adott stencil és NYHL technológia, valamint a szerelési-forrasztási folyamat határainak, tulajdonságainak megállapítására.

A mérés elvégzésével megszerezhető képességek: A hallgató megismerkedik a tipikus szereléstecnológiai hibákkal és a szereléstecnológiai határok fogalmával a gyakorlatban. A hallgató elsajátítja a mérés során használt áramkör tervező rendszer legfontosabb eszközeit.

A mérés során felmerülő fogalmak rövid meghatározása:

Rajzolatfinomság

A lemez huzalozásánál meghatározott minimális vezeték- és szigetelő szélesség. Az alkatrészek méreteinek, lábkiosztásának csökkenésével és ennek következtében a technológia fejlődésével ezek az értékek csökkennek. A rajzolatfinomságot a gyártási technológia korlátozza.

Fiduciális jel

Illesztést segítő ábra (ábrák) a szerelőlemezen kialakítva. Egy fiduciális jellel meghatározható a tervezési rendszer 0,0 referencia pontja. Két fiduciális jellel (a szerelőlemez átellenes sarkában) meghatározható a pozícionálási és forgatási hiba. Három fiduciális jellel meghatározhatóak a gyártó filmek vagy a szerelőlemez geometriai torzításai.

Elvi kapcsolási rajz, sematikus ábra, schematic

Az áramkör kapcsolási rajza, amelyben szimbólumokkal jelölik az adott áramköri elemeket. Az áramköri elemek kivezetései közötti kapcsolatot is meg kell határozni a sematikus ábra tervezése során.

Layout

Az elvi kapcsolási rajz megvalósítása szerelőlemez formájában; az alkatrészek geometriai elrendezésének és összehuzalozásának terve. A schematic és a layout tervezés mindig szorosan összefügg, a CAD szoftver szintjén is.

Réteg, Layer

A layout-tervező programok „réteg” szerkezetben kezelik a tervezett rajzolatokat. Léteznek fizikailag megvalósításra kerülő és vannak dokumentáláshoz szükséges rétegek. A tervezés és a dokumentáció-készítés során a szoftver által értelmezett rétegek mindig jelen vannak, de általában csak a fontos és a használatban lévő rétegeket tesszük láthatóvá.

A különböző szoftverek különböző elnevezés-változatokkal kezelhetik ezeket a rétegeket, de általában konzisztensen jelölik az adott rétegeket.

A legfontosabb rétegek pl. a szerelőlemez alsó és felső oldalához tartozó rézréteg (top/bottom), forrasztásgátló lakk ablak rétegei (solder mask), stencil apertúra (solder paste) rétegek... stb.

Stencil

A stencil keretre feszített vékony lemez, melyen az alkatrészek forrasztására szolgáló felületeknek megfelelően ablakokat (apertúrákat) alakítanak ki. A forrasztás nyomtatásához használt stencillek általában 75-200 µm vastagságú rozsdamentes acél fóliák. Az apertúrákat kémiai maratással (elavult), lézerrel (elterjedt), vagy galvanoplasztikával (drága) alakítják ki.

Sírkő (Tombstone) effektus

Forrasztási hiba, két kivezetős SMD alkatrészek esetében. Ha a két kivezetés nedvesítésében különbség van, akkor az egyik kivezetésen lévő forrasztási felületi feszültségéből származó vektorok eredője a sírkőhöz hasonló módon felállítja az alkatrészt. Okozhatja pl. nem egyenletesen felvitt forrasztási mennyiség a két kivezetésen, vagy nem egyenletes melegítés.

Alkatrész könyvtár (File menü, Library)

Az áramkörtervezés és huzalozástervezés során használt elektromos és elektromechanikus alkatrészek gyűjteménye, gyártók [vagy típusok](#) szerint rendezve. A Pads Logic (áramkörtervező) és a Pads Layout (huzalozástervező) programok között a közös alkatrész könyvtár is tartja a kapcsolatot.

Part

Egy alkatrészhez rendelt információhalmaz, amely információ kötegek (decals) formájában tartalmazza az alkatrészekhez rendelt elektromos és geometriai adatokat.

PCB Decal

Tartalmazza az egyes alkatrészek nyomatott áramköri lemezre (PCB) szereléséhez szükséges összes geometriai adatot a különböző rétegeken. Pl.: a forrasztási felületek (pad) alakja, méretei a top és bottom rétegeken, stencil apertúra alakja, méretei a paste mask top rétegen, forrasztásgátló maszk alakja, méretei a solder mask top rétegen stb. Az 1. mérési feladat során ellenállások PCB decal paramétereit fogjuk beállítani.

Bevezetés

Az elektronikai gyártásban igen fontos szerepe van a költséghatékonyságnak. Kisebb alkatrészekkel, finomabb NYHL rajzolattal, precízebb technológiával és így kisebb szerelőlemez mérettel olcsóbban lehet megoldani ugyanazt a feladatot. Ezzel együtt nő az alkatrész- és funkciósűrűség is. Ezért igen fontos a rendelkezésre álló technológia határainak ismerete, és a gyártás ezekhez igazítása. Finom rajzolatú, igen kisméretű szerelőlemezen megvalósított áramkör esetén például elengedhetetlenül fontos tudni, hogy az alkatrészek mennyire helyezhetők egymáshoz közel (ld. zárlatképződés vizsgálata). Túl kis távolság esetén zárlat (rövidzár, forraszhíd) alakulhat ki, nagy távolságnál pedig feleslegesen nagy területet foglalnak az alkatrészek a szerelőlemezen.

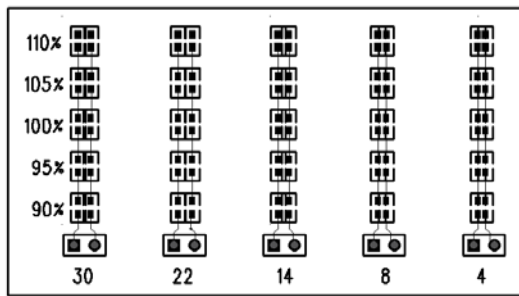
1. Zárlatképződés vizsgálata kisméretű ellenállásoknál

A zárlatképződés vizsgálatához ellenállásokat forrasztunk páronként. A párok között egyre csökken a távolság. Ilyenkor azt kell feljegyezni, hogy milyen távolságnál kezdenek forrasztás-rövidzárak kialakulni (1. ábra.). A vizsgálathoz például 0603 méretkódú (1,5 x 0,75 mm) ellenállásokat alkalmazhatunk. Az ellenállás-párok között lévő táv 762 µm-ről (30 mil) csökken 102 µm-re (4 mil).

1. táblázat – Mértékegységek

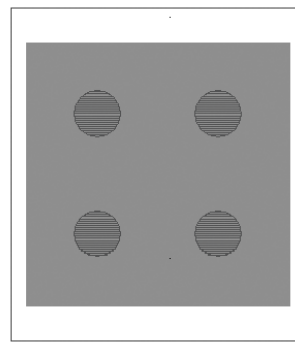
Mértékegységek: mil (milli-inch) és mm átváltása	
1 mil	0,0254 mm

R Bridging 0603



1. ábra: Mintázat a zárlatképződés vizsgálatához 0603-as méretkódú ellenállásokat alkalmazva

Spreading 01



2. ábra: Területi kísérlethez tervezett mintázat

A mintáztnál a stencil apertúra is változik, az első sorban 5 %-kal nagyobb az apertúra a kontaktusfelülethez képest, az ötödik sorban pedig 5 %-kal kisebb. A 100%-os mérethez képest 5%-os lépésekkel módosulnak a sorokban rögzített értékek.

Megj: az NYHL tervező CAD szoftverek rétegekként kezelik a vezető rajzolatokat, a forrasztásgátló lakk apertúráinak rajzolatát, a stencil apertúrák rajzolatát... stb. Ezeket a megfelelő pontokban fogjuk beállítani a feladat kivitelezése során.

A mérés menete:

- 1.1. Különböző stencil apertúra méretű ellenállás part-ok létrehozása a Pads Layout programban
 - 1.1.1. Kinduló ellenállás Part betöltése a Pads Layout-ban
 - 1.1.2. Ellenállás Decal-ek szerkesztése
 - 1.1.3. Ellenállás Part-ok létrehozása
- 1.2. Elvi kapcsolási rajz létrehozása a Pads Logic programban
 - 1.2.1. Ellenállások elhelyezése a rajzlapon
 - 1.2.2. Tesztpadok elhelyezése a rajzlapon
 - 1.2.3. Alkatrészek összehuzalozása
- 1.3. Elvi kapcsolási rajz átvitele a Pads Layout programba
- 1.4. Az elvi kapcsolási rajz alapján layout tervezés a PADS Layout programban
 - 1.4.1. Az ellenállások elrendezése a munkaasztalon
 - 1.4.2. Az ellenállás párok egymástól való távolságának finom pozícionálása
 - 1.4.3. Az áramkör összekötő huzalozásának létrehozása

2. Területi kísérlet (spreading test)

A területi kísérletnél nedvesíthető felületre nyomtatunk forraszpasztát kör formában, ismert átmérővel, majd a forrasztás után mérjük, hogy a paszta mennyire terült szét. Annál jobb az eredmény, minél nagyobb a terület. A kísérlethez az 2. ábrán lévő mintázat megfelelő, ahol a nyomtatott paszta mintájának átmérője 5,08 mm (200 mil). A kontaktusfelület 27,94 mm (1100 mil). A sötét terület jelöli a vezetőrétegre nyomtatott forraszpasztát, másképpen a stencilon kivágott apertúrákat.

3. Felületi szigetelési ellenállás (SIR test)

A nagy impedanciás mérésnél a vezetópályákat fésű alakzatba rendezzük (3. ábra), amelyre nagy feszültséget kapcsolva (100 V–1 kV) TeraOhm mérővel meghatározható a vezetópályák között lévő szigetelés ellenállása. A forrasztás után a paszta folyasztószer-maradványai csökkenthetik a szigetelési ellenállást. Minél kisebb ez a hatás, annál jobb a forraszpasztá minősítése.

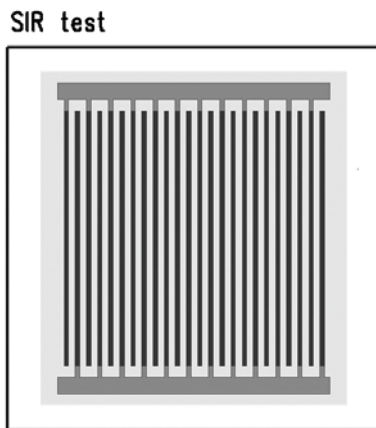
Az ábrán a vezetópályák szélessége 406 μm (16 mil), míg a közöttük lévő táv 508 μm (20 mil).

4. Hídképződési kísérlet (bridging test)

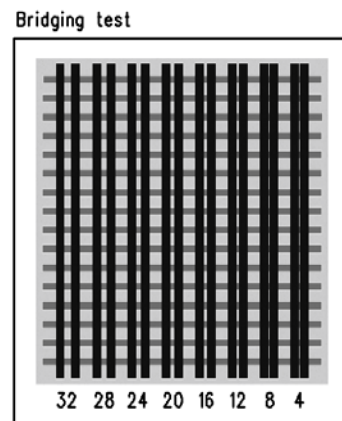
A hídképződési kísérletnél egyforma szélességű vezetősávokra merőlegesen nyomtatunk forraszpasztát páronként egyre csökkenő távolságban (2. ábra). Az ábrán vízszintesen a vezető rajzolat mintája, függőlegesen a stencil apertúra-párok láthatók.

A forrasztás után azt vizsgáljuk, hogy milyen távolságú pároknál fut össze a paszta (alakult ki híd), illetve milyen távolság esetében alakulnak ki különálló forraszfoltok. A nedvesítés annál jobb, minél nagyobb távolságokról fut össze a paszta.

A vezetősávok szélessége 0,762 mm (30 mil), és a hossza 43,18 mm (1700 mil). A nyomatok szélessége 1,02 mm (40 mil) és párok távolsága 813 µm-ről 102 µm-re csökken 101 µm lépésekkel (32 mil-től 4 mil-ig, 4 mil-es lépésekkel).



3. ábra: Szigetelési ellenállás méréshez tervezett mintázat



4. ábra: Hídképződés vizsgálatához alkalmazott mintázat

A mérés menete

1. A minta szerelőlemezeken látható tipikus szereléstechikai hibák tanulmányozása.
2. A tesztlemez megtervezése Mentor Graphics PADS áramkörtervező szoftverrel.

Általános megjegyzés, hogy az egyes részfeladatokhoz tartozó utasításokat előbb olvassuk végig, csak utána dolgozzunk. Így megkímélhetjük magunkat felesleges munkától és választ kaphatunk olyan kérdésekre is, melyek a munka során mindenképpen felmerülnek majd.

Első lépésként hozzunk létre saját munkamappánkat a következő helyen (értelemszerűen a saját Neptun kódunkat adjuk meg):

D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD

Megj: Ékezetes karaktereket ne használjunk sem mappa-, sem filenevekben, sem pedig saját készítésű könyvtári alkatrészeknél.

A mérési útmutatóban található lépéseket dokumentáljuk egy .doc kiterjesztésű fileban, amelyet a munkamappában mentünk el a Neptun kódunkkal elnevezve.

Nyissa meg a Start menüből a PADS Logic és a PADS Layout programot! A Logic az elvi kapcsolási rajz szerkesztésért, a Layout pedig a fizikai kapcsolás tervezéséért felelős szoftver. A két program közötti kapcsolatot direkt Link kapcsolattal és a közös alkatrész-könyvtárakkal tartjuk fenn.

A PADS Logic menüjében keressük meg a Library Managert (*File/Library...*). Itt a Create New Lib... gomb segítségével tudunk létrehozni saját alkatrészkönyvtárat (*Library*). Az alkatrészkönyvtár nem a számítógépes mapparendszer része, hanem a CAD szoftver saját adatbázisa külön file-okban tárolva. A saját mappába mentjük el az alkatrészkönyvtár file-t, amelyet ismét a Neptun kódunkkal ajánlatos egyedi módon felcímkézni.

D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD\Lib\Neptunkod.pt9

Ha minden jól ment, a Library Manager legördülő menüsorának végén megjelent a saját könyvtárunk.

Tipp: A Manage Lib. List. menüponttal a könyvtárak sorrendje módosítható, az esetlegesen elrontott könyvtárak törölhetők. A törlés file szinten nem történik meg, csak a PADS fogja „elfelejteni” azt, hogy létezik ilyen könyvtár is a számítógépünkön.

Fontos: Könyvtár menedzsment során a gyári könyvtárakhoz ne nyúljunk, ezeket bonyolult visszakeresni.

A könyvtárunkat a Layout programmal is „tudatosítanunk kell”, ezért ott is hasonló módon kell eljárunk, csak új könyvtár létrehozása helyett a már a korábban elkészített file-t kell hozzáadni a listához a Manage Lib. List. menüponttal. (Add..., majd a file kikeresése, OK, végül a legördülő menüben ellenőrizni, hogy minden a helyén van-e.)

A laborgyakorlat során végig mil-ben adjuk meg a méreteket a szoftvernek, így bizonyosodjunk meg róla, hogy a program is mil mértékegységben számolnak. (1 mil~25.4 µm)


A PADS Layout-ban ezt a következőképp állíthatjuk be:

Tools\Options\Global-General\Design Unit:Mils


I. Ellenállás rajzolat (footprint) szerkesztés a zárlatképződés vizsgálatához

1.1 Különböző stencil apertúra méretű ellenállás part-ok létrehozása a Pads Layout programban

1.1.1 Kinduló ellenállás Part betöltése a Pads Layout-ban

Bizonyosodjunk meg róla, hogy a PADS Layout programban vagyunk. Nyissuk meg a Library Managert (ha már nem lenne aktív az ablak), majd itt használjuk a kereső funkciót. A legördülő menüpontban legyen aktív az (All Libraries...) pont, a *Filter*nél pedig a Parts () gomb legyen bejelölve. Keressünk rá a *0603* stringet használva a 0603-as ellenállásokra (Apply). Végül a "misc:RES0603"-as alkatrészt válasszuk ki a listából duplaklikkel. A kiválasztásnak köszönhetően az oldalsó gombsoron a Copy pont aktívvá vált. Másoljuk át a saját mappánkba ezt az alkatrészt. Így nem a gyári elemet módosítjuk majd, hanem annak másolatát, egy saját példányt. Az eredeti gyári elemhez mindig visszatérhetünk, ha valamit elrontunk. Ha megtörtént a másolás, akkor a saját mappánkban megtalálhatjuk az alkatrészt.

1.1.2 Ellenállás Decal-ek szerkesztése

Szerkesztéshez az eredeti footprintet (fizikai kivezető-rajzolatot, PCB Decal-t) kell megnyitni, ami már alapból tartalmazza az alkatrészhez tartozó rajzolat-információkat. A Library Managernél legyen aktív a *Filter* pontban a Decals () gomb. Ezután az összes könyvtárban történő *0603* string kereséssel válasszuk ki a "common:0603"-at, majd kettős kattintással aktiváljuk az elemet, az Edittel pedig nyissuk meg szerkesztésre. A csillagos szintaktikával történő keresésre a későbbiekben

is szükségünk lesz majd. A felbukkanó *Part Type List* ablakot Close-al zárjuk be, a Library Managert pedig lerakhatjuk a tálcára. Vegyük észre, hogy egy új szerkesztőablakban dolgozhatunk most, ahol látszódik a két pad és néhány egyéb grafikus elem, amely a 0603 footprinthez tartozik.

Bizonyosodjunk meg róla, hogy a kurzorral a megfelelő szelekciót tudjuk elvégezni kattintásra. Az üres rajzlapon jobb klikkelve kiválasztjuk a Select Terminals menüpontot. Az első padre dupla kattintással előhozható a terminál/pad adatlapja. Itt a színes Pad Stack ikonnal tudunk ténylegesen a szerkesztéshez folyamodni.

A *Pad Stack Properties for Pin* ablak felbukkanásával a pad és a stencilapertúra alakját és méretét tudjuk egyénileg szerkeszteni, most az alapértelmezett stencilapertúra-réteg paramétereit módosítjuk – ez a réteg tárolja a geometriai adatokat a stencil apertúrák számára. A vezető rajzolat (pad) geometriai adataihoz, így ahhoz a réteghez nem nyúlunk.

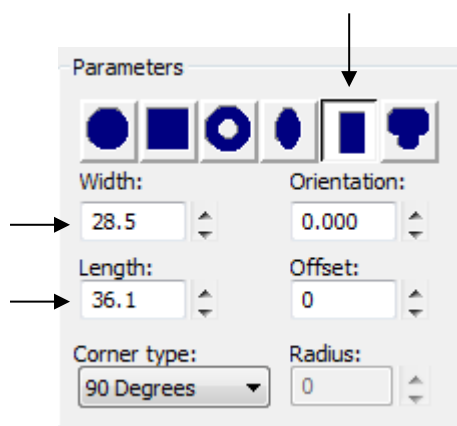
Megj: A stencil apertúra adatokat a "PASTE MASK TOP/BOTTOM" rétegekben, a vezető rajzolat adatait a "TOP/BOTTOM" rétegekben tároljuk. A TOP/BOTTOM mindig a szerelőlemez felső/alsó oldalát jelöli. Jelen esetben kizárólag a TOP rétegen dolgozunk.

A *Pad Stack Properties for Pin* ablakban tehát a Mounted Side (azaz a TOP) réteg adatait kell százalék arányosan módosítanunk egy új rétegben (azaz a PASTE MASK TOP rétegben). Végezzük el először a stencil apertúra ablak méretének 95%-os csökkentését! Ezt a következőképpen kell megvalósítanunk. "Add" gomb, Paste Mask Top. Ezzel megjelent egy új réteg az *Sh. Sz. Layer* dobozban. Ezt az új réteget az 5. ábra és segítségével és a 2. táblázatban foglalt értékek (95%) szerint paraméterezzük. Ezután "Apply", majd "Ok", és még egyszer "Ok". Ezt a paraméterezést a másik pad-re kattintva is el kell végeznünk! A 2. táblázatot összevetve az 5. ábrával megállapíthatjuk, hogy 5%-os apertúra redukciót hajtottunk végre az eredeti vezető rajzolat méretekhez képest.

Ha mind a két paddal elkészültünk, akkor *File/Save Decal as...*, itt pedig a saját mappánkat kijelölve (!) adjuk meg a következő Decal nevet a rajzolatnak:

0603_95

A "Would you like to create New Part Type" kérdésre "No"-val válaszolunk, más úton hozzuk létre a különböző stencil apertúra rajzollal rendelkező alkatrészeket (egyelőre csak a hozzájuk tartozó kivezető-rajzolatot készítettük el). Mielőtt azonban tényleges alkatrészekhez rendeljük a Decal rajzolatokat, a fentebbi úton és a 2. táblázat paramétereit alapján hozzuk létre a többi Decalt is. (0603_100, 0603_105)



2. táblázat: Stencil apertúra paraméterek

Méret, %	Width, mil	Length, mil
95%	28.5	36.1
100%	30	38
105%	31.5	39.9

5. ábra: Paste Mask Top paraméterezés

Tipp: a frissen elmentett Decal paste mask értékeit újraparaméterezve, majd a Save as... funkciót használva gyorsan elkészül a maradék két rajzolat. Fontos, hogy mindig a saját mappánkba mentjük a rajzolatokat.

Figyelem: a mérés során a feladat meggyorsítása (egyszerűsítése) végett csak a 95%-os, 100%-os és a 105%-os ellenállásokat kell elkészíteni, a 90%-os és a 110%-os ellenállásokat nem.

Tipp: a rézréteg (top) méreteinek mindig igazodni kell a 100%-os méretparaméterekhez. Amennyiben egy gyári könyvtárra rá lett mentve egy rossz érték, mindig győződjünk meg arról, hogy a mounted side (top) rétegen lévő értékek konzekvensen 30-38 miljt adjanak.

1.1.3 Ellenállás Part-ok létrehozása

Az új rajzolatokhoz új alkatrészeket készítünk a következő lépésben. A *File/Exit Decal Editor* segítségével kilépünk a Decal szerkesztőből. A Library Managerbe visszalépve, a saját mappánkat kijelöljük a legördülő sorból, majd visszakapcsolunk a Part-ok szerinti szűrésbe (ld fentebb).

A Copy funkciót használva az előre elkészített **RES0603** alkatrészt a saját mappánkba másoljuk háromszor egymás után, a következő nevekkal: RES0603_95, RES0603_100, RES0603_105. Ezek az alkatrészek akkor látszanak majd a saját könyvtár listában, ha frissítjük a nézetet (pl. a Decal filterre, majd újra a Part filterre kattintva). Az újonnan alkotott alkatrészeket egyesével újraparaméterezzük rajzolatuk szerint a következő módon.

A RES0603_95-et szerkesztve (Edit) a *PCB Decals* fülre kattintunk. Itt a "0603"-as eredeti rajzolatot Unassign-al leválasztjuk, majd a 0603_95-est Assign-al hozzárendeljük. Ezután Ok, majd ugyanezt a feladatsort elvégezzük a maradék két alkatrészsre (100, 105) is.

Az alkatrészek elkészültek a zárlatképződési vizsgálathoz, ezekből építkezünk később az elvi kapcsolási rajzunkban. A Library Managert tegyük le a tálcára.

A mérés további részében folytatódhat a feladat az ellenállások kapcsolásának megrajzolásával.

1.2 Elvi kapcsolási rajz létrehozása a Pads Logic programban

1.2.1 Ellenállások elhelyezése a rajzlapon


A PADS Logic szoftver alapnézetében azt a rajzlapot láthatjuk, amelyre a kapcsolási rajzot fogjuk megtervezni. Bizonyosodjunk meg arról, hogy a File, Edit, View...stb. menüsor alatt láthatóak a rajzolást elősegítő Toolbar-ok. Ezt a *View/Toolbars* pontban tudjuk megtenni. A Standard Toolbar és a Schematic Editing Toolbar legyen aktív.

Az üres tervet a Neptun kódunk szerint érdemes a saját mappánkba elmenteni.

D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD\Neptunkod_schematic.sch

Ezzel párhuzamosan a PADS Layout szoftverben is mentsük el az üres munkalapot.

D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD\Neptunkod_layout.pcb

Ha mindkét file el lett mentve, térjünk vissza a Logic programba. Az Add Part ikonnal () tudunk alkatrészeket hozzáadni a tervünkhöz. Adjunk hozzá a tervünkhöz 10-10 ellenállást mindegyik újonnan létrehozott típusból. (Saját könyvtár, itt **csillagos szintaktikával** kikeresni az adott alkatrészt, Add, majd a rajzlapra kattintva adhatjuk hozzá egyesével az új alkatrészeket a tervhez.)

Tipp: A tervünk állását folyamatosan mentsük, nehogy egy hiba miatt újra kelljen kezdenünk a tervezést.

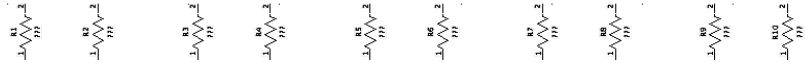
*A csillagos szintaktika úgy működik, mint régen a DOS-ban. Ha csak a * karaktert ütjük be, azzal az összes tartalmat megjeleníti a kereső. Az Apply gombot ne felejtsük el lenyomni a keresés elindítása előtt.*

Logikus lépés soronként hozzáadni az adott alkatrészeket, kezdve a 105%-os ellenállásokkal. Egyértelműen párba rendezve rakjuk le az alkatrészeket.

Amint kiválasztottuk az Add Part ablakban a megfelelő ellenállást, rakjuk le „tálcára” az Add Part ablakot, majd a CTRL+R kombinációval forgassuk el 90 fokkal az ellenállást. Minden

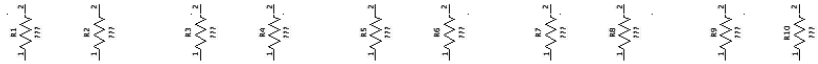
kattintásra egy új ellenállást tehetünk le, elforgatott állásban, így utána nem kell egyesével forgatni az alkatrészeket. A folyamatot jelzi, hogy minden ellenállás sorszáma eggyel inkrementálódik.

105% - első sor

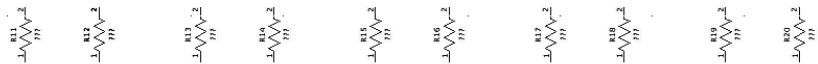


Ezután jöhet a 100%-os második sor, amelyet hasonlóképpen párosával érdemes hozzáadni a tervünkhöz. Ekkor valahogy így néz majd ki a rajzunk.

105% - első sor



100% - második sor



Ezután hozzáadjuk folytatólagosan a 95%-os (harmadik sor) alkatrészeket. Célszerű az ellenállásokat 100-as griden lerakni, az ellenálláspárokon belüli ellenállásokat 3 raszter, az ellenálláspárokat 5 raszter távolságra.


Tipp: A figyelmet ismét felhívjuk, hogy minden fontos lépéssorozat után mentsük el az állást!

1.2.2 Tesztpadok elhelyezése a rajzlapon

Tesztpadokkal zárjuk le a kapcsolásokat. Ehhez az Add Part funkciót használjuk, az összes mappában (All Libraries) a *CON-SIP-2P* stringre keresünk rá, majd minden párokba rendezett oszlop alá lerakunk kettő CON-SIP-2P szimbólum-elemet. A kéttűs tesztpad csatlakozó mindkét tűjéhez külön szimbólum tartozik, ezért kell két szimbólum elemet lerakni a párba rendezett oszlopok alá. A két lerakott szimbólum fizikailag egy alkatrészhez tartozik (pl. J1), amelynek két kivezetése van (J1-1, J1-2).

1.2.3 Alkatrészek összehuzalozása

A hozzáadott alkatrészeket összehuzalozzuk a 6. ábra szerinti módon. A huzalozást az F2 gomb aktiválásával tudjuk bekapcsolni, az ESC-el kikapcsolni. Az alkatrészek szimbólumának lábainak **VÉGÉRE** kattintva tudjuk a vezetéket elindítani (a láb közepére kattintva elmarad a kontaktus bekötése). A további csomópontokat kattintásokkal rakhatjuk le (azaz nem drag-drop módszerrel rajzolunk). Úgy bizonyosodhatunk meg róla, hogy a két kivezetés között a kapcsolat létrejött, hogy a kurzor nem húzza maga után továbbra is a vezetékdarabot. Figyeljünk oda, hogy az alkatrész szimbólumán keresztül ne húzódjon vezetékdarab, mert az nem megfelelő összeköttetéshez vezet.

A vezetékezés végén a **Create Text** () funkcióval jelöljük a sorokat a százalékok szerint. 20-as betűméretet (**Size pts.**) állítsunk be a jobb láthatóság kedvéért.

Tipp: A munkalapon történő zoomoláshoz a CTRL+egérgörgő kombinációt, vagy a CTRL+W billentyűkombinációt lehet használni.

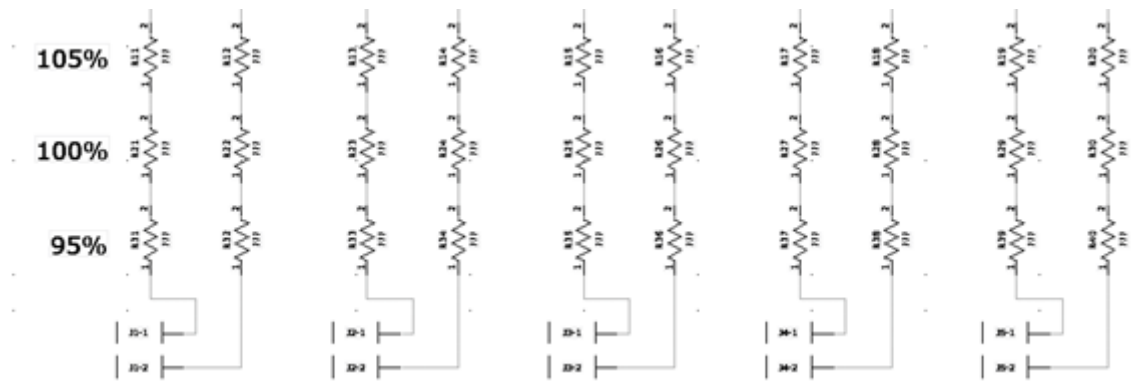
*Ha a lerakott alkatrészeket szeretnénk manipulálni, akkor a szelekció választással (lásd fentebb – jobb klikk az üres rajzlapon) a **Select Part**-ot kell kiválasztani.*

*Vezetékeknél érdemes a **Select Connections**-re állítani a kurzor kijelölést, hogy a vezetékekre is rá tudjunk kattintani a kurzorral esetleges törléshez.*

*Felirat kijelölésnél a **Select Documentation**-t kell beállítani. Ha készen vagyunk, mindig érdemes a **Select Anything**-re visszaállni.*

Felesleges alkatrészt, vezetékdarabot, szöveget törölni az elem kijelölésével, majd a DEL gombbal lehetséges.

Megj: A részfeladat során alapszintű betekintést nyerünk az áramkörtervező munkafolyamatba.



6. ábra: A kész vezetékezés az elforgatott ellenállásokkal, feliratokkal, két szimbólumból álló csatlakozó-tesztpadokkal

1.3 Elvi kapcsolási rajz átvitele a Pads Layout programba

Következő lépésben a tervet át kell vinni a Layout program munkaasztalára. Ehhez a Logic szoftver *Tools/PADS Layout* ablakát aktiváljuk. Itt a *Document* fülben tudjuk ellenőrizni, hogy a fentebb megadott *D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD\Neptunkod_layout.pcb* aktív-e. Ha nem, nyissuk meg innen a korábban elmentett üres layout file-t. Ezután a Design fülre kattintva a Send Net list, majd az ECO to PCB gombokat aktiváljuk. (A felugró napló ablakot kikapcsolhatjuk.)

1.4 Az elvi kapcsolási rajz alapján layout tervezés a PADS Layout programban

1.4.1 Az ellenállások elrendezése a munkaasztalon

A Layout szoftverben megjelennek az alkatrészek az origóra pakolva, és létrejön a közöttük definiált összeköttetés ún. gumiszálas vizualizációval. A következő feladat az alkatrészek szétszórása, hogy egyszerűbb legyen a pozicionálás. Ezt a *Tools/Disperse Components* lehetőséggel valósíthatjuk meg.

Tippek: A pozicionáláshoz egy virtuális rácson, ún. *Grid-en* dolgozunk. Ez a rács a tervezés precizitásának az alapja. A rácspontok közötti távolságot a munkaasztalon történő "Gxx" string beírásával, majd Enter lenyomásával, "Modeless Command"-ként lehet megadni, ahol az xx az adott számértéket jelenti. Pl. Belekattintunk a munkaasztalunkba, majd 20 mil-es gridhez a "G20" stringet kell beütni szimplán a billentyűzeten, ahol a Modeless Command ablak egyből fel fog ugrani. A **háttérben található vizualizációs pontrács** külön kezelendő. Gyakorlatilag ez az a rács, amit látunk, de a munkagrid nem feltétlenül van összhangban a látható rácsozattal. Ennek méretét a "GDxx" stringgel változtathatjuk meg. (Grid Display xx – ahol az xx megint az adott számértéket mutatja.)

A rácsot a *Tools/Options* menüpont *Grids and Snap* fülén is beállíthatjuk, optimalizálhatjuk. A Grid minden CAD rendszerben fontos alaptényező – ne legyünk restek mindig a saját feladatunkhoz igazítani, a pontos munkavégzés érdekében!

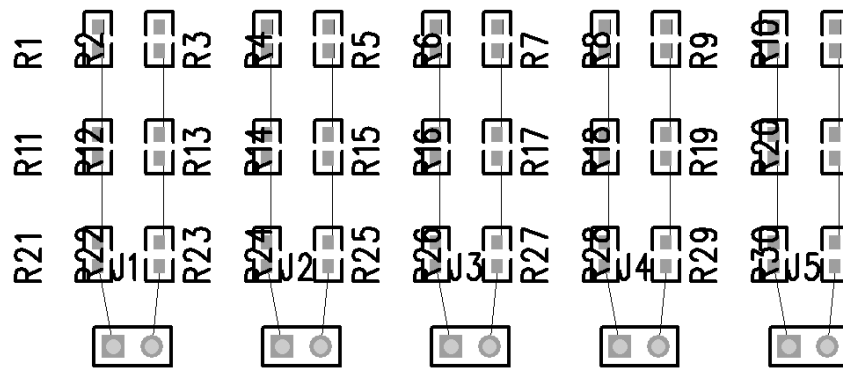
A munkalapon történő zoomoláshoz a CTRL+egérgörgő kombinációt, vagy a CTRL+W billentyűkombinációt lehet használni. A teljes képernyő kitöltéséhez a CTRL+B kombináció használható.

Ha a lerakott alkatrészeket szeretnénk manipulálni a kurzorral, akkor a „szelekcióknál” (lásd fentebb – jobb klikk az üres rajzlapon) a "Select Components"-ot kell kiválasztani. Ha nem az alkatrész van a kurzorral kijelölve, akkor nem fogjuk tudni forgatni, felemelni, manipulálni. Az adott kivezetés, felirat kijelölése nem jelenti egyúttal azt is, hogy a teljes alkatrészt kijelöltük. Teljes alkatrész kijelölésnél mindegyik pad, jelölőábra és a feliratok is kiemelt színnel jelennek meg.

Vezetékeknél érdemes a "Select Traces/Pins"-re állítani a kurzor kijelölést. Felirat kijelölésnél a "Select Documentation"-t kell beállítani. Lemez körvonalának kijelölésnél a "Select Board Outline"-t kell beállítani.

Állítsuk a rácsot 40-es méretűre. Ezzel a pozíciórácscsal nagyjából helyezzük el a megfelelő alkatrészeket, hasonló pozícióba, mint a sematikus kapcsolási rajz esetében. A diszperzált alkatrészeket a sematikus ábrán található sorszámozás logikája alapján egyszerű szétválogatni. Az elhelyezésben segít a 7. ábra is. A kijelölt alkatrészeket CTRL+R-el forgathatjuk be, hogy a gumiszálak az egymás melletti padeket kapcsolják össze. Az alkatrészeket igyekezzünk függőlegesen is egyenlő távolságra elhelyezni egymástól!

Tipp: 40-es rácson nem bonyolult szimmetrikusan lerakni az alkatrészeket, törekedjünk az átláthatóságra! Amennyiben a 40-es rácson nem tudjuk elrendezni szépen az alkatrészeket (pl. az alkatrész origója felül lett írva átkeretezéskor), ilyen esetekben lehet a rácsot 20-ra, vagy egyéb konzekvens értékekre csökkenteni!



7. ábra: Pozicionálás a diszperzáltás után

Az esetlegesen egymásba csúszó alkatrész azonosító számokra már nincs szükség, törölhetjük őket. A "Select Documentation" alkalmazásával jelöljük ki az összes feliratot, majd Del-el töröljük őket. Az így felszabadult helyre majd új feliratok kerülnek később.

1.4.2 Az ellenállás párok egymástól való távolságának finom pozicionálása

A finom pozicionálás a következő feladat, ahol az alkatrészeket egymástól adott távolságra kell rendezni. Ehhez a feladathoz a rácsot 2-es méretűre kell csökkenteni ("G2" string beütése a munkaasztalon, majd Enter). A feladat elvégzését segítheti a 8. ábra tanulmányozása.

Érdekes mindig csak az adott oszlopokba rendezett alkatrész-csoportok jobb-felső alkatrészét hozzáigazítani a bal felső alkatrészhez, olyan nagyításban, hogy csak a két ellenállás körvonalrajza látszódjék a munkaasztalon. Ügyeljünk rá, hogy definiált alkatrész távolságok (30, 22, 14, 8, 4 mil) az alkatrészhez tartozó kontaktus felület belső éleinek távolságára értendő, nem a pad-ek középpontjának távolságára. Tehát nem egymás fölé rakjuk az alkatrészeket, hanem egymás mellé, innen számítjuk a távolságot a pozicionálásnál. A finom mozdulatokat pl. a billentyűzet kurzorgombjaival végezzük el, ahol minden egyes irány leütés 2 mil-el (a rács méretével) mozdítja el a kurzorral felemelt alkatrészt.

Gyakorlatban: Felvesszük az oszlop-csoport jobb felső alkatrészét. A padek belső éleit egymáshoz igazítjuk (Nem pedig a szita-rajzolatként funkcionáló keretek belső éleit!), ügyelve arra, hogy a két alkatrész függőlegesen se csússzon el egymáson. Majd a 30-as távolságnál 15 „jobb” iránybillentyű leütéssel pozicionáljuk a felvett alkatrészt, végül bal klikkel letesszük, ügyelve arra, hogy az egér ne mozgassa ki a pozíciót. A sorban lefelé következő alkatrész pozicionálásához már csak a függőleges igazítás és a gumiszál kiegyenesítése szükséges. Egy csoportot jobbra lépve 22-es távolságot határozzunk meg, ahol 11 jobb-leütés szükséges, majd 7 és így tovább.

Tipp: mozgatásnál (Move, CTRL+E) alapértelmezésben az alkatrész középpontja az egérmutatóra ugrik, ez egyes esetekben kényelmetlen. A középpontra ugrást kikapcsolhatjuk a Tools/Options menü (CTRL+Enter) Design beállításoknál: Move preference: „Move by origin” helyett állítsuk át „Move by cursor location”-re.

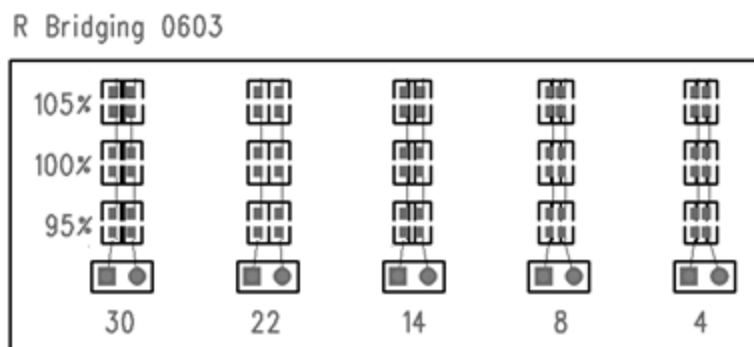
Miután a finom pozicionálással végeztünk, érdemes lehet a tesztpontokat 20-as rácson szimmetrikusan újrendezni. A 20-as rácst azután a továbbiakban is használni fogjuk.

A pozicionálás elkészültével írjuk fel a feliratokat. A Drafting Toolbar (🔧) ikonjára kattintva tudjuk aktiválni a különböző eszközök ikonsávját. A feliratokat a Text (abl) eszközzel tudjuk megvalósítani. A Layer legördülő listából válasszuk a „Silkscreen Top”-ot. Írjuk fel: „R Bridging 0603”. A százalék értékeket se felejdük. (8. ábra)

Végül rajzoljuk körbe a területet, amit felhasználtunk. Ezt a 2D Line (L) eszközzel tudjuk megvalósítani. A körvonalarajzhoz érdemes téglalapot rajzolni (jobb klikk, rectangle).

Fontos: a körvonalat igény szerint méretezhetjük is a Layout program képernyőjének legalsó sávjában (teljes képernyős módban a Windows tábla felett) jobb oldalt található koordináták, vagy a vonal paraméter-ablakának segítségével. (Ha a kurzor ki tudja jelölni a megfelelő szelekcióval a 2D körvonalat, akkor duplakattintással jön elő a paraméter-ablak.)

A következő ábrát kell kapnunk:



8. ábra: A finom pozicionálás utáni állapot

1.4.3 Az áramkör összekötő huzalozásának létrehozása

Az utolsó lépés a vezetékezés, amelyet a "Select Traces/Pins" kijelölési módban, egy kivezetésre dupla-kattintva indíthatunk el. A vezetéket törni kattintással lehet, a bekötés a másik alkatrész kivezetésére kattintva történik, a gumiszálak mentén. Vezetékezéshez ajánlott rácst érdemes 20-ra állítani, ha elállítottuk volna korábban. A vezetékek hegyesszögű és derékszögű törése kerülendő!

A vezeték vastagsága legyen 6 mil. Ezt a következő helyen lehet beállítani:


Setup/Design Rules/Default/Clearance/Trace Width. Mindhárom értéket (Minimum, Recommended, Maximum) állítsuk 6-ra, majd Ok, Close, Close.

Ha az alapbeállítás nem engedi, hogy a grafikus interfész kirajzolja a 6 mil szélességű vezetéket (csak gumiszál szélességű, de színes vonalat húz a vezetékezésnél), akkor a következő helyen kell átállítani az értéket:

Tools/Options/Global/Drawing, ahol a "Minimum Display Width" legyen 6. Elég közeli nézetnél így a vezeték valódi fizikai szélessége az alkatrészek méretarányához mérten láthatóvá válik.

2 Terület teszt rajzolatának kialakítása

A terület teszt rajzolata egy kitöltött réz vezető felületből áll, amelyen forrasztásgátló ablakot nyitunk, és amelyre stencilfólia apertúra-rajzolatot is tervezünk. (9. ábra)

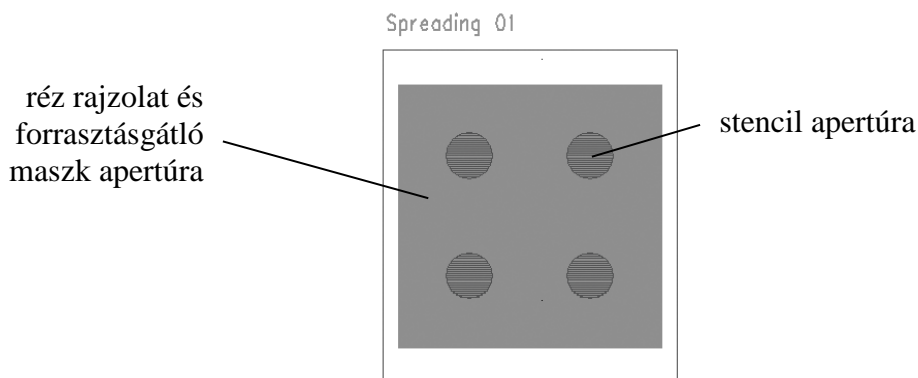
A négyzet megrajzolásához (amit a már elkészült „R Bridging” minta mellé tervezünk) a Copper () eszközre kattintsunk a toolbar-on. A teljes rézfelület megrajzolása szintén a körvonal megrajzolásánál kezdődik. Induljunk el a záratképződés tesztábra jobb oldalán. 20-as rácson dolgozva rajzoljunk 1100 mil oldalhosszúságú négyzetet (itt is érdemes téglalapot rajzolni). Ha végeztünk a rajzzal, felugrik az *Add Drafting* ablak. Itt bizonyosodjunk meg arról, hogy a típus Copper, kattintsuk be a Solid Copper jelölődobozt, és a TOP réteghez (*Layer*) rendeljük a geometriai alakzatunkat. Apply, majd Ok. Visszatérve a munkaasztalhoz, jelöljük ki az így kapott alakzatot (jobb klikk az üres munkaasztalon, „Select Shapes” kiválasztása), majd CTRL+C, CTRL+V módszerrel másoljunk az eredeti rajzolat mellé egy másolat-alakzatot. Miután ezt letettük, duplaklikkel (vagy megfelelő szelekció „Select Shapes” esetén a jobb klikk és properties menüpontban) a Drafting Properties ablakban a rétegeknél (*Layer*) a „Solder Mask Top”-ot állítsuk be. Apply, majd Ok. Helyezzük rá az új alakzatot az eredetire! Ezzel a lépéssel a réz-alakzat fölött nyitottunk egy forrasztásgátló maszk apertúrát. Utolsó lépésben négy darab kör mintát kell elhelyeznünk a négyzet-rajzolat mellett (!). Azért nem a négyzet alakzatra helyezzük a mintákat, mert három rétegen lévő alakzatok egymáson történő kezelése mélyebb rétegkezelési ismereteket feltételezne a PADS rendszerén belül.

A kör rajzoláshoz ismét a Copper eszközt kell megnyitnunk a toolbaron. Majd aktív kurzorral jobb klikkelve pedig kiválasztjuk a Circle-t. A köröket ne a kész négyzetre rajzoljunk, hanem mellé, majd utólag rápozícionáljuk őket. Első kattintásra megadjuk a kör középpontját, második kattintásra a sugarat határozzuk meg. Legyen a kör sugara 100 mil (ezt az alsó koordinátákon tudjuk lekövetni, ha elmozdítjuk a középponttól a kurzort valamelyik fő tengely mentén 100 mil távolságra. Itt is ajánlott tartani a korábban beállított 20-as rácsot.) A felugró *Add Drafting* ablakban végül a „Paste Mask Top” réteget kell megadnunk. Ne felejtjük el a Solid Coppert beállítani. Apply, majd Ok.

Ezzel a módszerrel, csak az első kört kell megrajzolnunk, a többi Copy-Paste módszerrel hozzuk létre, és helyezzük el őket egyenlő távolságra, hogy a négyzet alakzatban is elérjenek majd áthelyezéskor. A szoftver felső toolbar-jában találhatunk egy réteg-választó eszközt, legördülő menüszorral.



Állítsuk be a „Paste Mask Top” réteget aktívra, hogy a grafikus interfész aktívan tartsa a köröket. Az aktív PMT réteggel tehát jelöljük ki a köröket csoportosan, majd a CTRL+E billentyűkombinációval vegyük fel a kurzorral, végül kattintással helyezzük át őket a négyzet alakzatra. Az ellenállás-rajzolatnál ismertetett módon keretet rajzolunk a terület-teszt mintának, és feliratozzuk: „*Spreading 01*”.



9. ábra: A terület teszt rajzolata

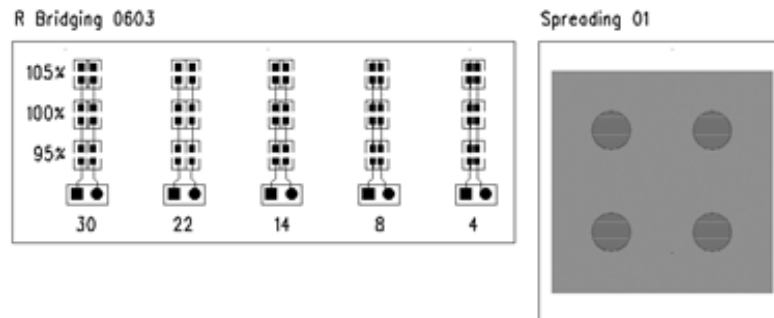
A panelünknek ebben a pillanatban megközelítőleg így kell kinéznie (10. ábra).

Tipp: Ha nem látjuk az apertúrát, akkor a megfelelő réteg kiválasztásával ellenőrizhetjük a jelenlétüket. Ha így sem jeleníti meg a GUI az alakzatokat, akkor érdemes a képernyőt frissíteni (ide-

oda mozgatással), vagy a „T” modeless command transzparencia paranccsal átlátszóvá tenni a rétegeket!

Ritkán előfordulhat egy olyan bug, hogy az egymásra rétegzett shape alakzatok kijelölésének megszüntetésekor (pl. ESC billentyűvel „eldobom” a megfogott shapet) a GUI a kijelölés kifehéritését még a képernyő jobbra-balra mozgatásával sem szünteti meg. Ilyen esetben előre-hátra kell zoomolni a képernyőn, ezzel a képernyő bufferéből törlődik a kijelölés fehér kerete.

Tipp: Ha három alakzat van három rétegen egymásra helyezve, akkor a kurzorral történő szelekciónál, adott pontra kattintás után a Tab billentyűvel válthatunk a rétegek között. Erre akkor lehet szükség, ha újra akarjuk az alakzatunkat rendezni, de a kurzor „nem találja”, hogy mit akarunk megfogni.



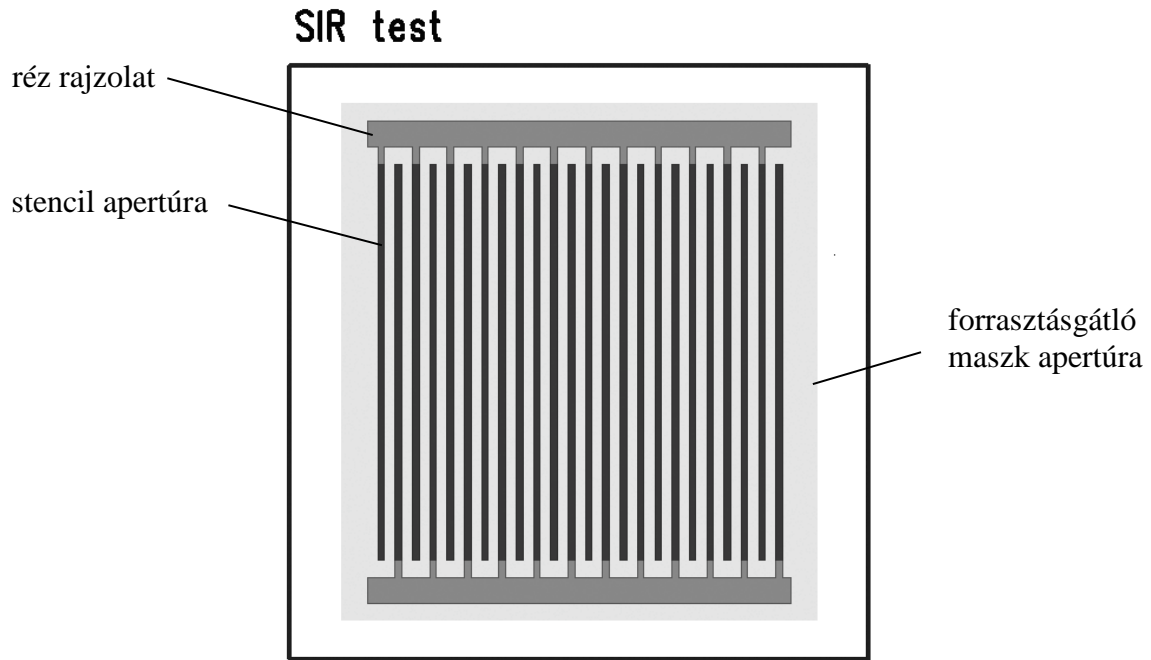
10. ábra: A panel állása a területeszt minta elkészítése után

3 Felületi szigetelési ellenállás mérés rajzolatának kialakítása

A felületi szigetelési ellenállás méréséhez a 11. ábrán látható mintát kell megrajzolni a már ismert módszerekkel, a hídképződési tesztábrák alá. A különbség itt annyi a korábbiakhoz képest, hogy a rajzolatot elkészítjük a Top rétegen, és két rétegen nyitunk apertúrát a folyamat végén.

Először a két horizontális téglalapot rajzoljuk meg a Top rétegre helyezve. Copper eszköz, 20-as rács, a hosszúság X=980 mil, a magasság Y=60 mil (téglalap rajzolás). Az *Add Drafting* ablakban Solid Copper bekapcsolva, Top réteghez rendeljük az alakzatot. Itt az *Add Drafting* ablakban még egy plusz lépést teszünk. A Line settings-nél a Width-et 1-re állítjuk. Ezután lemásoljuk és beillesztjük az ábrát, majd 1000 mil távolságra helyezzük őket egymástól a belső élhez képest. (Ebben ismét segítségre van a képernyő alján található koordinátaírárs.)

Tipp: A munkaasztalon történő "q" gomb lenyomásával és a parancs Enterrel történő aktiválásával olyan eszközt kapunk, amely a kurzor kurrens pontjából „mérőszalagként” méri a távolságokat, a rácspontokon lépkedve.



11. ábra: Szigetelési ellenállás tesztelésére létrehozott rajzolat

Ezután a fésűfogak következnek. Magasságuk legyen $Y=960$ mil, hosszúságuk pedig $X=16$ mil. Itt érdemes a munkarácsot 16-osra átállítani. Figyeljük meg, hogy a rács dinamikus állításaival flexibilisen alkalmazkodhatunk a feladat által elvárt méretekhez. Az *Add Drafting* ablakban itt is 1-esre állítjuk a Width szélességet. (Solid Copper, top réteg!)

Ha egy foggal elkészültünk, a rácsot állítsuk 4-es méretűre, majd copy-paste, és 20 mil távolságra helyezzük őket el az ábra szerint.

Tipp: Érdemes a szelekciót (jobb klikk az üres munkaasztalon) a "Select Shapes"-re állítani, így csak a teljes megrajzolt alakzatokat foghatjuk meg a kurzorral, nem azok körvonalát.

Érdemes a CTRL+E billentyűkombinációt használni a kijelölt alakzatok kurzorhoz emelésére.

A csoportos kijelöléssel, majd copy-paste-el gyorsan elvégezhető a részfeladat.

Ha a fésű kész, következnek az apertúrák. Az apertúrákat gyakorlatilag a fésűfogak fölé kell helyezni. Ezúttal két rétegen kell megvalósítani az ablaknyitást. Először rajzoljunk egy $X=1100$ mil, $Y=1200$ mil méretű négyszöget a Copper toolal, amelyet a Solder Mask Top (forrasztásgátló maszk réteg) réteghez rendelünk (Solid Copper!).

Ezután visszaváltunk 4-es gridre, és $X=16$ mil, $Y=920$ mil méretű téglalapot rajzolunk, melyet a Paste Mask Top (stencilapertúra) réteghez rendelünk. (Solid Copper!) Ezt aztán egy fésűfog közepére másoljuk. (A 11-es ábra mutatja a megfelelő pozíciókat, a sötétebb színű stencil apertúrákat a fésűfogak képzeletbeli közepére rendezve.) Copy-paste, és a többi fésűfogra is rendezünk egy-egy apertúrát. A rendezést érdemes 4-es rácson véghezvinni. Ha a grafikus interfész elrejtí az adott réteget, akkor a toolbar legördülő menüjében aktiváljuk a Paste Mask Top réteget.

Tipp: Ha három alakzat van három rétegen egymásra helyezve, akkor a kurzorral történő szelekciónál, adott pontra kattintás után a Tab billentyűvel válthatunk a rétegek között. Erre akkor lehet szükség, ha újra akarjuk az alakzatunkat rendezni, de a kurzor „nem találja”, hogy mit akarunk megfogni.

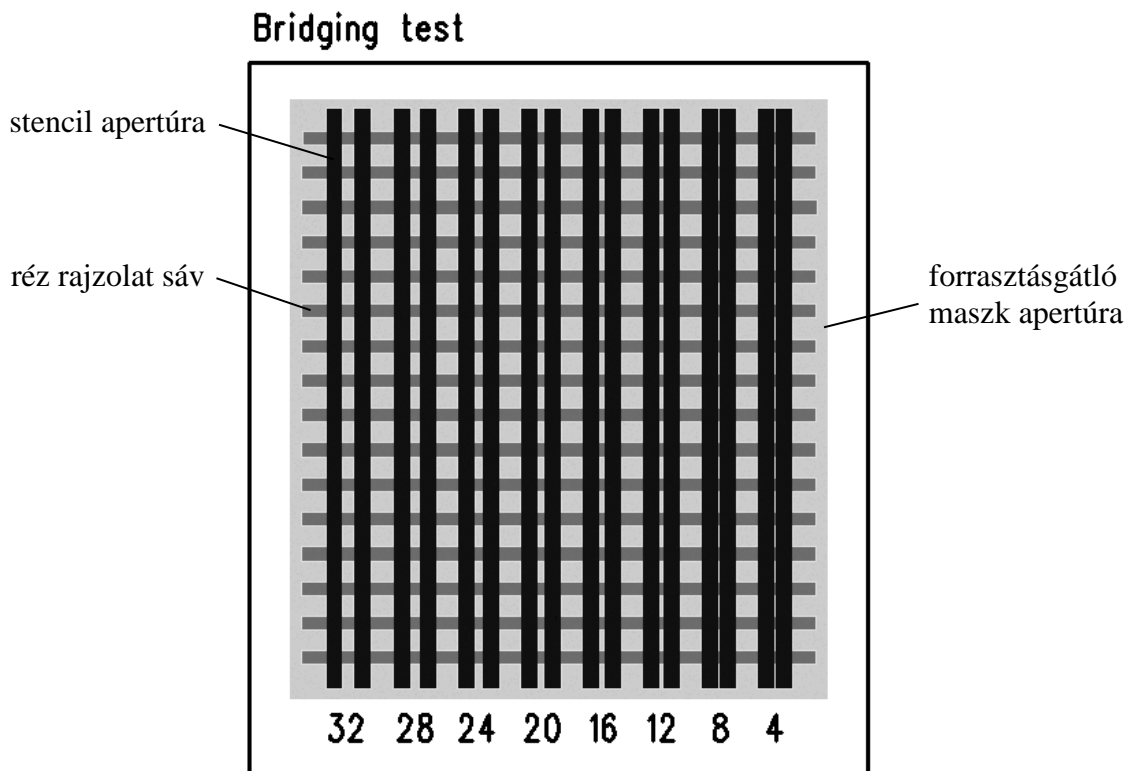
A művelet végén keretet rajzolunk az ábránknak, majd fölé írjuk: „SIR test”.

4. Hídképződés vizsgálat rajzolatának kialakítása

Az előzőekben megtanultuk használni az PADS Layout azon elemeit, melyek segítségével megvalósíthatóak a különböző geometriai alakzatok különböző rétegeken. A már ismert módszerek együttesét bevetve alkossuk meg a 12. ábrán található rajzolatot.

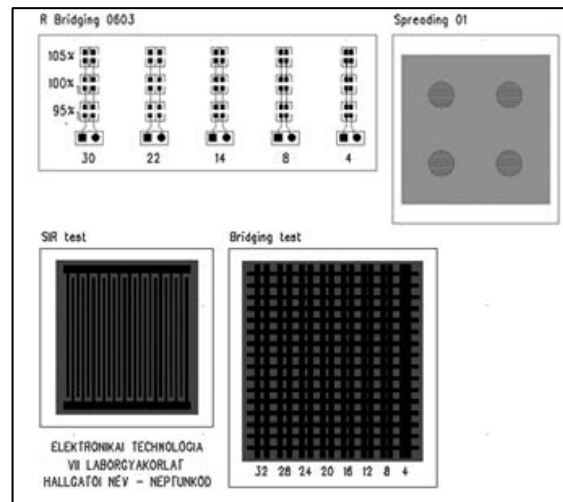
A vezetősávok szélessége 30 mil, hossza 1328 mil, közöttük lévő táv 60 mil. A stencil apertúrák szélessége 40 mil és párok távolsága 32 mil-ről 4 mil-re csökken, 4 mil-es lépcsővel. A stencil apertúra-párok egymástól 60 mil távolságra legyenek elhelyezve. Érdeemes 4-es rácson dolgozni.

Megj: A részfeladatok során megismertedtünk az alapszintű geometriai forma-rajzolási módszerekkel, amelyekkel tesztmintákat készíthetünk a technológiai vizsgálatainkhoz. A lépések során a rétegekre, és az azokon végzett műveletekre is külön hangsúlyt fektettünk, amelyek a szerelőlemez valóságos felépítését reprezentálják. Az alkatrész-alapú tervezés ezeket a rétegeket automatikusan, a könyvtári elemek definíciói alapján kezeli.



12. ábra: Hídképződés vizsgálatára kialakított rajzolat


A 13. ábrán az elkészült áramköri kapcsolás látható.

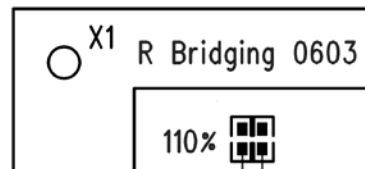


13. ábra: Az elkészítendő áramkör rajzolata



5.A panel keretének megrajzolása, fiduciális jelek elhelyezése

A laborgyakorlat során a kész minta köré rajzoljuk a panel szélét jelölő "Board Outline" vonalat, másképpen a panel keretét (téglalap rajzolás). Elterjedtebb gyakorlat megadott, korlátozott geometriai méretbe tervezni a layoutot, most az egyszerűség kedvéért a tervünk határozza meg a panel méretét.

A Drafting Toolbaron keressük meg a Board Outline and Cut Out () ikont, majd aktiválva rajzoljuk meg a tesztpanel peremét, ügyelve arra, hogy a sarokpontokban legyen még hely a fiduciális jelnek. A Board Outline vonal kurzorral történő kijelöléséhez külön szelekció (jobb klikk az üres munkasztalon) tartozik Select Board Outline néven. Ez akkor hasznos, ha módosítani, törölni akarjuk a vonalat.



14. ábra: (részlet) a panel keretének körvonala és a fiduciális jel a panel bal felső sarkában

A fiduciális jel letételéhez a ECO Toolbar () Add Component () parancsát használjuk. Itt a *moire* stringgel rákeresünk a fiduciális jel könyvtári elemére, majd a "common:MOIRE" alkatrészt lerakjuk a panel négy sarkára, a kereten belülre. Ha nem tudjuk a fiduciális jelet elhelyezni hely hiányában, akkor rajzoljunk új körvonalat a panelnek, vagy módosítsuk a meglévőt. Végül fel is címkézzük a panelt a 13. ábra szerint.

6.Tervezés befejezése, gyártó fileok generálása

Az utolsó lépés a gyártó file-ok legenerálása, amely alapján a NYHL üzem elkészíti a panelt. A File/CAM menüpontból a Define CAM Document ablakot megnyitva készítünk egy saját mappát a CAM Directory legördülő menüben a <Create> opciót kiválasztva:

D:\User\ET_VII\NEPTUNKÓD\CAM

Ezután Add..., majd a Document Type-ban kiválasztjuk a Routing/Split Plane-t, azon belül a Top-ot. A dokumentumot elnevezzük (Document Name) NEPTUNKOD_TOP néven, majd az Output File névnek a NEPTUNKOD_TOP.pho-ot adjuk meg. Ezután Customize Document/Layer, majd az

újonnan felugrott *Select Items* ablakban Other/Board Outline doboz aktiválása szükséges. Ezzel a Top rétegen eltároljuk a panel körvonalainak az adatait.

Ugyanezt a feladatsort végig kell csinálni két másik dokumentummal, amelyeknél a típus Solder Mask és Paste Mask legyen. Itt nem szükséges bejelölni a Board Outline dobozt.

A három dokumentumnak végül a *Define CAM Document* ablak CAM Documents listájában szerepelni kell. Ha mindegyik dokumentumot kijelöltük, akkor rákattintunk a Run gombra. Az így keletkezett dokumentum fileokat a mappában találhatjuk meg. A .rep kiterjesztésű fileokat a gyártónak nem szükséges végül a gyakorlatban elküldeni, ezeket napló jelleggel készíti a program.

Fűrőfileokra jelen esetben nincs szükség, a kontúrmaráshoz pedig a Top rétegben eltároltuk a körvonal koordinátáit.

7.Dokumentáció és a munka befejezése

A dokumentáláshoz a jellemző képernyő-nézeteket képlopással vágólappra másoljuk, és egy Word dokumentumba helyezzük, amelyben egyértelműen jelöljük a nevünket, Neptun kódunkat, a mérés dátumát, helyszínét és a mérésvezető nevét. A dokumentumot a mérés során használt munkamappába mentjük el. A PADS Logic és PADS Layout szoftver Library Manager listájából eltávolítjuk a saját alkatrész-könyvtárunkat (ezzel csak az adatbázisból vesszük ki munkánkat, a merevlemeztől nem törölődnek az adatok). A lépés nagyon fontos, hogy a következő alkalommal a hallgató tiszta lappal indulhasson, és esetleg ne egy módosított alkatrészt kezdjen újra átszerkeszteni a mérés során.

A saját mappánk teljes tartalmát archiváljuk a Neptun kódunk szerint, majd eltároljuk a következő mappában:

D:\User\ET_VII\CSOPORTSZÁM

A feladat elvégzése után a számítógépet kikapcsoljuk.