

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE



5 A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

5-03 SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉS

ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA ÉS ANYAGISMERET
VIETAB00



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TARTALOM

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - Kapcsolási rajz szerkesztés
 - Áramköri szimuláció
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés
 - Szimuláció (termikus, elektromágneses)
 - Módosítás



Számítógéppel segített tervezés 2/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A CAD


„Computer Aided Design” (CAD) =
„Számítógéppel Segített Tervezés”

Áramkör tervező rendszerek:
Proteus, OrCAD, Pads, Eagle, ...

Moduláris rendszerek

Az OrCAD rendszer fontosabb alprogramjai:

- **OrCAD Capture:** Ipari szabványú kapcsolási rajz szerkesztő, amely számos más tervezőrendszerhez illeszkedik.
- **PSpice A/D:** Analóg, digitális és vegyes szimulátor program.
- **OrCAD Layout:** NYHL tervező program (huzalozástervezés).



Számítógéppel segített tervezés 3/38

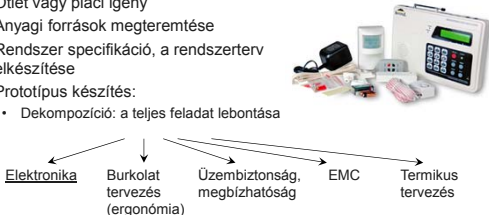
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Számítógéppel segített tervezés

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A RENDSZER MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

- Ötlet vagy piaci igény
- Anyagi források megteremtése
- Rendszer specifikáció, a rendszerterv elkészítése
- Prototípus készítés:
 - Dekompozíció: a teljes feladat lebontása



- Összeszerelés
- Tesztelés, ellenőrzés
- Gyártás előkészítés

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 4/38

A RENDSZER MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

Gyártás előkészítés, gyártás

- Gyártási technológia tervezése
 - Furatszerelt / felületszerelt
 - Nagy sorozatra NYHL tervezés optimális paraméterekkel
 - NYHL méret
 - Forrasztási technológia (hullám, újraömlesztéses és/vagy kézi?)
- Gyártósorok, üzem felállítás, megbízása
 - Logisztika
 - Alkatrész beszerzés
- Minőség-ellenőrzés
- Értékesítés
- Szerviz
 - Megbízhatóbb gyártás → kisebb szerviz költség

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 5/38

TARTALOM (HOL TARTUNK?)

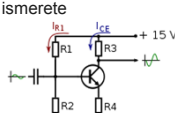
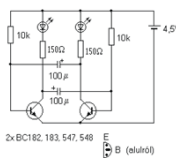
- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - Kapcsolási rajz szerkesztés
 - Szimuláció
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 6/38

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés
- Szükséges ismeretek:
 - Alapkapcsolások ismerete
 - Alkatrészek adatbázisa (CIS – Component Information System)
 - Elvi kapcsolási rajz szimbólumok
 - Szimuláció esetén szimulációs szoftver ismerete



BMEETT 7/38

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés
- Szükséges ismeretek:
 - Szimulációs szoftver lehetőségeinek és határainak ismerete (ne várjunk el többet, mint amire a szoftver képes, pl. oszcillátorok szimulációjának problémája)
 - A használt modellek ismerete (pl. egy erősítő modellbe be van-e építve, hogy ±15V tápfeszültségnél nem bír el többet)



BMEETT 8/38

Számítógéppel segített tervezés

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés
- Szükséges ismeretek:
 - Alkatrész elrendezési stratégiák
 - Huzalozási stratégiák
 - Technológiai ismeretek
 - Elérhető footprintek (alkatrész lábnyoma, fizikai megvalósulása)
 - Egyéb szempontok:
 - Termikus analízis
 - EMC (Electro Magnetic Compatibility) analízis
 - „Jeltisztaság” analízis



BMEETT 9/38

Számítógéppel segített tervezés

Számítógéppel segített tervezés

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

TARTALOM (HOL TARTUNK?)

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - **Kapcsolási rajz szerkesztés**
 - Szimuláció
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

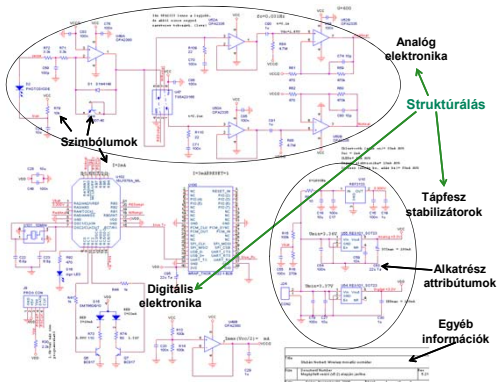
ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

- A SZERKESZTÉS részfeladatai:



1. szimbólumok keresése (könyvtárszerkezet, fájlok),
2. strukturálás,
3. az alkatrész-szimbólumok **elhelyezése** (és) szerkesztése,
4. **összeköttetések** létesítése,
5. az alkatrészek adatainak (**attribútumok**) szerkesztése,
6. **egyéb információk** elhelyezése, szerkesztése,
7. **kimeneti dokumentációk** készítése.

A KAPCSOLÁSI RAJZ RÉSZEI



A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

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

Ha egy rajzlapon nem fér el: több rajzlap kell.

Ha több egyforma egység van:

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

A hierarchikus rajzrendszer szemléltetése

Sch. Page 3 off page connector Sch. Page 4

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 13/38

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

Project (projekt neve), design (a kapcsolási rajzok gyűjteménye)

Hierarchical port

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 14/38

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

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

Mikor kell a szimbólumot szerkeszteni vagy újat készíteni?

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

Minden esetben célszerű egy meglévő rajzolatból kiindulni!

Szimbólum szerkesztése (Edit Part) a „szokásos grafikus módon” történhet:

Meglévő (kijelölt) részek:

- törhető,
- másolható,
- szerkeszthetők.

Új elemek:

- felrakható
- beállíthatók.

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 15/38

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

VCC_CIRCLE

Tápfeszültség (ha látszik)

Föld (különböző típusai)

Hierarchikus port

PORTLEFT-L

OFFPAGELEFT-L

Külső csatlakozó

Bekötetlen kivezetés

U2

NET4

NET3

NET2

NET1

74276

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 16/38

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

Az alkatrész tulajdonságai (Properties): név, grafikai megjelenés,

ID	Implementation	Implementation Path	Implementation Type
74273			PSpice Model
74276			PSpice Model

szimulációs modell,

Part Reference	PCB Footprint	Power Pins Visible	Primitive
U1	DIP:100/20WV,300L1,000	<input type="checkbox"/>	DEFAULT
U2	DIP:100/20WV,300L1,000	<input type="checkbox"/>	DEFAULT

azonosító, layout szimbólum, Tápfeszültség látható?

Reference	Source Library	Source Package	Value
U1	D:\ORCAD\EMO\CAPTURE\LIBRARY\PSpice\Olb	74273	74273
U2	D:\ORCAD\EMO\CAPTURE\LIBRARY\PSpice\Olb	74276	74276

forrás érték

U1

U2

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 17/38

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

A kapcsolási rajz szerkesztő kimeneti dokumentációi:

- kapcsolási rajz (grafikus reprezentáció),
- .net (netlista a szimulátor program modul számára), amely tartalmazza az
 - alkatrésztípust,
 - az összekötés listát,
 - a szimulációhoz szükséges generátor beállításokat.
- .mnl (netlista az NYHL tervező program modul számára), amely tartalmazza
 - a footprinteket és összeköttetéseiket (információt az alkatrészek fizikai megvalósulásáról, és lábak közötti kapcsolatokról),
 - tokozás neveket,
 - alkatrész neveket (refdes=reference designator),
 - összeköttetés, csomópont (=net) neveket,
 - alkatrész kivezetéseket minden csomóponthoz, és
 - egyéb alkatrész jellemzőket.
- .bom = alkatrésztípust (bill of materials).

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 18/38

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

TARTALOM (HOL TARTUNK?)

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - Kapcsolási rajz szerkesztés
 - **Szimuláció**
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

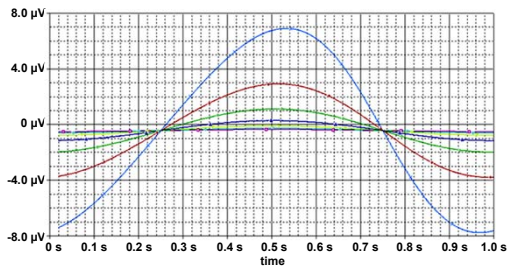
SZIMULÁCIÓ A CAD RENDSZERBEN

A szimuláció lehetőségei, fajtái:

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

SZIMULÁCIÓ

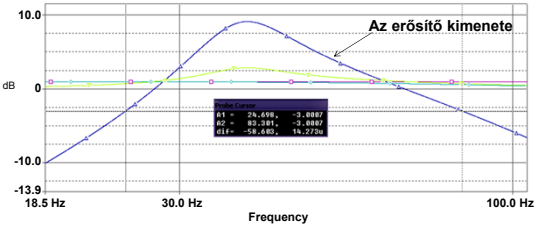
1. Példa:
- OrCAD PSpice-al elvégzett parametrikus, időtartománybeli szimuláció eredménye: (egy ellenállás értékétől (paraméter) függően változik a kimeneti jelszint)



A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

SZIMULÁCIÓ

2. Példa:
• OrCAD PSpice-al elvégzett frekvenciatartománybeli szimuláció eredménye: (egy szub-basszus szűrő átviteli karakterisztikája)



f1	26.698	-3.0887
f2	33.381	-3.0887
GBW	58.605	18.2726

Az erősítő kimenete

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 22/38

TARTALOM (HOL TARTUNK?)

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - Kapcsolási rajz szerkesztés
 - Szimuláció
 - Nyomatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 23/38

NYHL TERVEZÉS (LAYOUT DESIGN)

Layout: az elvi kapcsolási rajz megvalósítása (realizálása) NYHL formájában; az alkatrészek geometriai elrendezésének és összehuzalozásának terve

A layout-tervező programok „réteg” szerkezetűek, vannak

- fizikailag megvalósításra kerülő és
- egyéb, dokumentációs (DOC) nevezett rétegek.

A felhasznált huzalozási rétegek száma:

- 1 („egyoldalas”), pl. tápegység NYHL egy asztali DVD lejátszóban
- 2 („kétoldalas”), pl. a feldolgozó elektronika ugyanebben a DVD lejátszóban
 - két oldalon elvben minden feladat megoldható, csak túl nagy méretek adódnak
- „többrétegű” (számítógép alaplap, mobiltelefon: 8-12 huzalozási réteg)

A tervezés és a dokumentáció-készítés során az egyéb rétegek mindig léteznek, csak vagy használjuk őket, vagy nem.


BMEETT Számítógéppel segített tervezés 24/38

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

NYHL TERVEZÉS – RÉTEG STRUKTÚRA

Data	Color
Background	Black
Default (Global Layer)	Yellow
Default TOP	Cyan
Default BOTTOM	Red
Default INNER1	Green
Default INNER2	Blue
Default SMTOP	Light Green
Default SMBOT	Light Blue
Default SPTOP	Dark Green
Default SPBOT	Dark Blue
Default SSTOP	Light Yellow
Default SSBOT	Light Cyan
Default ASYTOP	Light Green
Default ASYBOT	Light Blue
Default DRILL	Dark Red
Default NOTES	Purple
Place outline (Global Layer)	Dark Green
Place outline TOP	Cyan
Place outline BOTTOM	Red
Pin name (Any layer)	Dark Red

Huzalozási rétegek
 Forrasztásgátló maszk (inverz réteg)
 Forraszpaszta (inverz réteg - stencil apertúrák)
 Szitázott információs réteg „silk screen”, (fehér)
 Kézi beültetést segítő dokumentációs réteg
 Furatokat tartalmazó réteg


 Számítógéppel segített tervezés 25/38


NYHL TERVEZÉS – TECHNOLOGIAI PARAMÉTEREK

El kell dönteni:

- a huzalozás típusát
 - 1 oldalas,
 - 2 oldalas furatfémezett,
 - 4 rétegű, táp- és föld-rétegekkel,
 - többretegű
- a NYHL gyártó üzemi technológiai paramétereit ismerni kell:
 - "Vonalszélesség"
 - Szigetelő távolság
 - Maradék gyűrű méret (forrszem)

Ezek nagyban befolyásolják a NYHL árát, és az elérhető rajzolatfinomságot

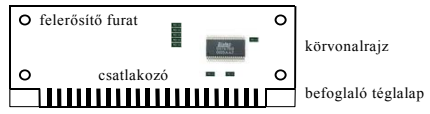



 Számítógéppel segített tervezés 26/38

NYHL TERVEZÉS – „LAYOUT DESIGN”

A nyomtatott huzalozású lemez definiálása:

- befoglaló méretek,
- körvonalrajz,
- nem elektromos célú furatok (pl. felerősítő furat),
- csatlakozók típusai, helye és méretei.



 Számítógéppel segített tervezés 27/38

Számítógéppel segített tervezés

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A NYHL TERVEZÉS MENETE

Forrsem → **Alkatrész-rajzolat** → **Tok-hozzárendelés**

Felső forrasztásgátló maszk réteg
Felső- (Top)
Belső- (Inner)
Alsó- (Bottom) huzalozási rétegek
Alsó forrasztásgátló maszk réteg

Elrendezés → **Huzalozás** → **Dokumentálás**

Kimeneti dokumentációk generálása a NYHL gyártó üzem számára

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 28/38

„PAD”, „PADSTACK”

Forrsem („Padstack”) szerkezete:

A forrsem (**pad**) is rétegszerkezetű, mint a NYHL.
A **padstack** fájlban tárolt **pad**-ek adatai:

- Alak, pl. kör (Round), négyzet (Square), stb.
- Méret, esetleg X és Y külön-külön.
- Furatméret, kivéve a felületszerelt forrsemeket.
- Padstack azonosító, pl. SQ60D30 (square (négyzet) 60 mil (1,5 mm) átmérővel, 30 mil (0,75 mm) furattal).

Egy **pad** alakja és mérete minden rétegen más és más lehet.

Fontos: a furatátmérő a furat-galvanizálásnál csökken, vagyis az alkatrész láb nem fog belemenni a furatba, ha nem növeljük annak méretét!

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 29/38

A „FOOTPRINT”

Az alkatrész rajzolat („Footprint”) alkotóelemei:

A **rajzolatelemek könyvtárban** tárolt alkatrészrajzolatok (**footprint**) részei:

- rajzolatnév
- mértékegység rendszer (metrikus, mil)
- forrsem adatok:
 - **pad** név (lábsorszám),
 - padstack azonosító,
 - koordináták
- alkatrészkontúr (Outline): az alkatrészt befoglaló körvonal
- alkatrész azonosító (Reference Designator)
- tokozás azonosító
- érték

BMEETT Számítógéppel segített tervezés 30/38

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

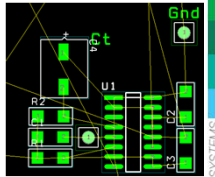
TOK (FOOTPRINT) HOZZÁRENDELÉS

A tok-hozzárendelés, az elvi és fizikai szimbólumok összerendelése. A legegyszerűbb alkatrésznek (pl. az ellenállásnak) is számtalan megjelenési formája van, tehát

- először a Layout-tervező programmal a könyvtárakban keresgélve ki kell választani a megfelelő rajzolatnevet (footprint nevet);
- majd ezeket az elvi kapcsolási-rajz szerkesztőben az alkatrésztulajdonságok (Properties) között lévő tok-név (PCB Footprint) mezőbe be kell írni. (Az OrCAD automatikusan felkínál valamilyen layout-rajzolatot, de ez nem mindig megfelelő!);
- végül netlistát kell generálni (a Layout modul részére), ezzel kész a tok-hozzárendelés.

ELRENDEZÉS TERVEZÉS

- Az elvi és fizikai szimbólum összerendelés („Tok-hozzárendelés”) során lesz pl. az „nprn” tranzisztorból „SOT 23”-as tokozású alkatrész.
- Ehhez a Footprint-ek könyvtárakba struktúrával állnak rendelkezésre
- Kezdődhet az **elrendezés tervezés:**
A jó alkatrész-elrendezés a huzalozhatóság legfontosabb feltétele.
- Az **elrendezés tervezést** az „**elrendezési stratégia**” irányítja. Lehetőség van automatikus alkatrész elrendezés használatára.
- A későbbi hibamentes működést további programok segíthetik:
- Az elektromágneses zavarok hatása és keltése az **EMC** (Electro Magnetic Compatibility) **analízis**, a hőmérsékletfüggés a **termikus analízis** programokkal vizsgálhatók.



ELRENDEZÉS TERVEZÉS

Alkatrész elrendezés

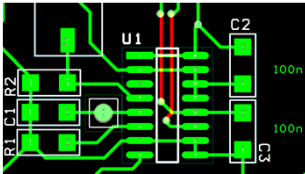
Az automatikus **elrendezés tervezést** „elrendezési stratégia” irányítja. Ez, rendszerint egy „hálón” alapul, az alkatrészek a háló pontjaiba helyezhetők. Alapja a „vonzás” és a „taszítás”. Az összeköttetések („Connection”) ebben a fázisban „pont-pont” közöttiek. Az elrendezés lehetőségei:

- A kézi vagy az interaktív alkatrész-elrendezésnél az alkatrészek csoportjainak első felrakása előtt a kapcsolási rajzot meg kell tanulni! Az elrendezés javítását hisztogramok segítik, amelyek az adott keresztmetszeten áthaladó összeköttetések számát ábrázolják. Ahol túl nagy számú vezeték megy, ott sűrű lesz a huzalozás. Egy alkatrészt mozgatva, az mintegy „húzza magával” a bekötéseit, ezzel mutatva, hogy mely alkatrészek mely kivezetéséhez kapcsolódik. Ezeket – alkatrészcserékkel – egymáshoz közelebb rakva, egyenletesebbé lehet tenni az elosztást.

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

HUZALOZÁS TERVEZÉS

- A **huzalozás tervezés** szintén különböző stratégiákkal végezhető.
- Ezek különböző rétegeken, területeken, algoritmusokkal, futtatási fázis- számmal működhetnek. (Kapu és lábcserék ebben a fázisban is lehetségesek). A jelterjedési sebességek, áthallás, stb. hatásai a **jeltisztaság analízis** programmal vizsgálható.



HUZALOZÁS TERVEZÉS

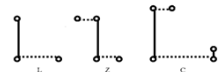
- A huzalozástervezés lehet: kézi, interaktív, és automatikus.
- Mindegyik valamilyen stratégiával végezhető: különböző területeken, csomópontokkal (táp-föld, memória, stb.), futtatási-fázis számmal (1-10), rétegeken (1, 2, 4, több), rétegenkénti súlytényezőkkel, algoritmusokkal.

0.fázis: Manuális routolás (a speciális, nagyon fontos vezetékek „kézi” huzalozása).

1.fázis: Memória huzalozás



2.fázis: Egyéb (L, Z, C) huzalozások



n.fázis: „Finish”-elés:

- Push and Shove eljárás: a már lerakott huzalokat felfszedi, arrébb tolja őket, hogy egy újabb vezetéknek helyet csináljon.
- „Via” szám minimalizálás.



NYHL TERVEZÉS – DOKUMENTÁCIÓ KÉSZÍTÉS

A tervezés végeztével el kell készíteni a gyártási dokumentációkat: „Post Process”

-A **gyártófilmek** (Top, Bottom, Pwr, Gnd, Inner1-12, SolderMask, SilkScreen – l. 25. dia) elkészítéséhez rendszerint egy szabványos rajzgépvezérlő nyelvű úgynevezett „Gerber” formátumú fájlt generálnak.

Ennek jellemzői:

- a koordináták, amelyek néhány egész és több tizedes helyiértékből állnak (több szabványos érték létezik), és
- az „apertúra” kódok („D” kódok), amelyekhez az alábbi információk rendelhetők:
 - rajzolás szerint: rajzol (Draw), villant (Flash) vagy mindkettő (Both)
 - alak szerint: kör (Round), négyzet (Square) vagy ujj (Finger)

Számítógéppel segített tervezés

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

DOKUMENTÁCIÓ KÉSZÍTÉS

- A **furatokat tartalmazó file** (DRD=Drill Drawing), rendszerint „Excellon” formátumú. Ez
 - az abszolút-, vagy relatív (inkrementális) koordinátákat, és
 - a fűrőgép szerszámtartójába helyezett fűrők tárolási pozícióit tartalmazza.
- A további gyártási dokumentációkat is hasonló formátumokban kell előállítani, hiszen a gyártógépek :
 - a koordinátákat (ragasztó vagy forraszpaszta felvitel), illetve a további,
 - az apertúrához hasonló, pl. alkatrész azonosítót (a beültetőgépeknél tápozíciót)igényelnek a működésükhöz.

KIMENETI DOKUMENTÁCIÓK

- Az ármkörtervezés kimeneti dokumentációi:
- kapcsolási rajz (kapcsolási rajz szerkesztőből)
 - alkatrész lista (Bill of Materials, kapcsolási rajz szerkesztőből)
 - furatokat tartalmazó file (huzalozás tervezőből)
 - réteg film fájlok, a maszkok elkészítéséhez (Post Process dokumentáció): (huzalozás tervezőből)
 - huzalozási réteg fájljai (felső és alsó, esetleg belső rétegek)
 - forrasztásgátló maszk fájljai (Solder Mask, felső és alsó)
 - szita felirat maszkjai (Silk Screen, felső és alsó)
 - stencil apertúrákat definiáló fájlok (Solder Paste, felső és alsó)
 - kézi beültetést segítő információs fájlok (Assembly, felső és alsó)
 - opcionálisan egyéb réteg fájlok
