



5-03 SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉS

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOM

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

A CAD

„Computer Aided Design” (CAD) =

„Számítógéppel Segített Tervezés”

Áramkör tervező rendszerek:

Proteus, OrCAD, Pads, Eagle, ...

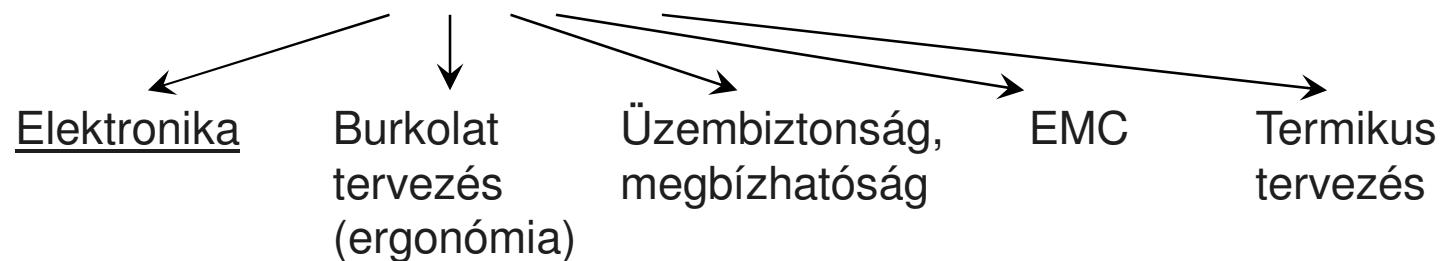
Moduláris rendszerek

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).

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

A RENDSZER MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

Gyártás előkészítés, gyártás

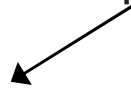
- Gyártási technológia tervezése
 - Furatszerelt / felületszerelt
 - Nagy sorozatra NYHL tervezés optimális paraméterekkel
 - NYHL méret
 - Forrasztási technológia (hullám, újraömllesztés és/vagy kézi?)
- Gyártósorok, üzem felállítása
 - Logisztika
 - Alkatrész beszerzés
- Minőség-ellenőrzés
- Értékesítés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

TARTALOM

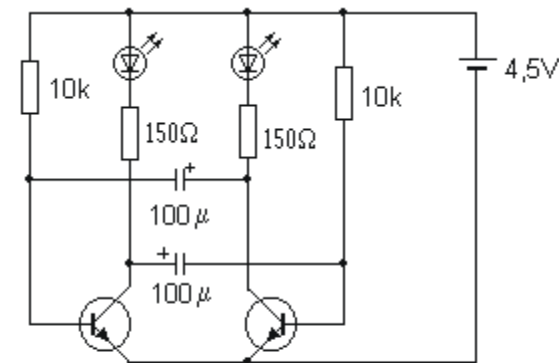
- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- **Az elektronikai tervezés lépései**
 - Kapcsolási rajz szerkesztés
 - Szimuláció
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

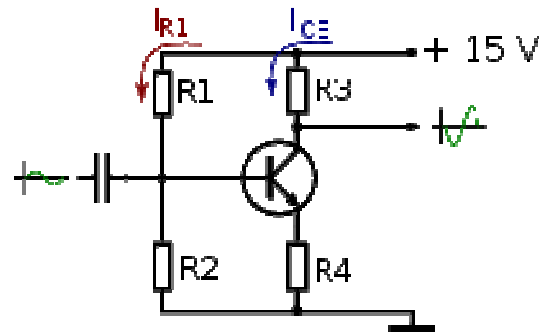
- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés



- Szükséges ismeretek:
 - Alapkapcsolások ismerete
 - Alkatrészek adatbázisa (CIS)
 - Elvi kapcsolási rajz szimbólumok
 - Szimuláció esetén szimulációs szoftver ismerete



2x BC182, 183, 547, 548
E
B (alulról)
C

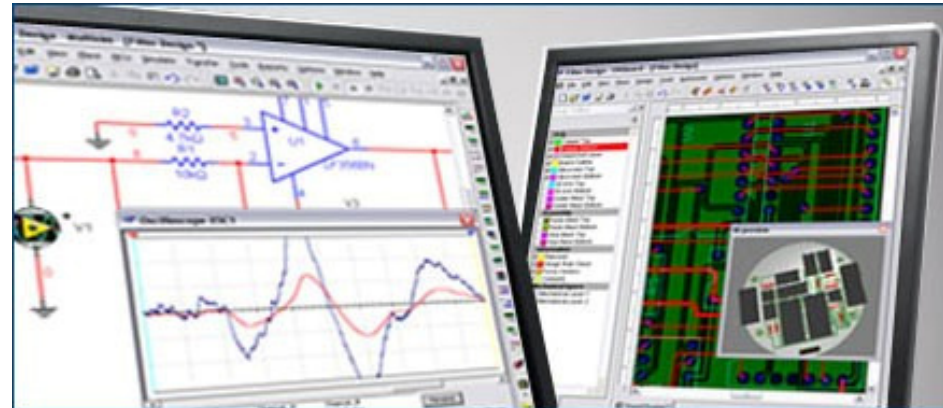


AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés

- Szükséges ismeretek:

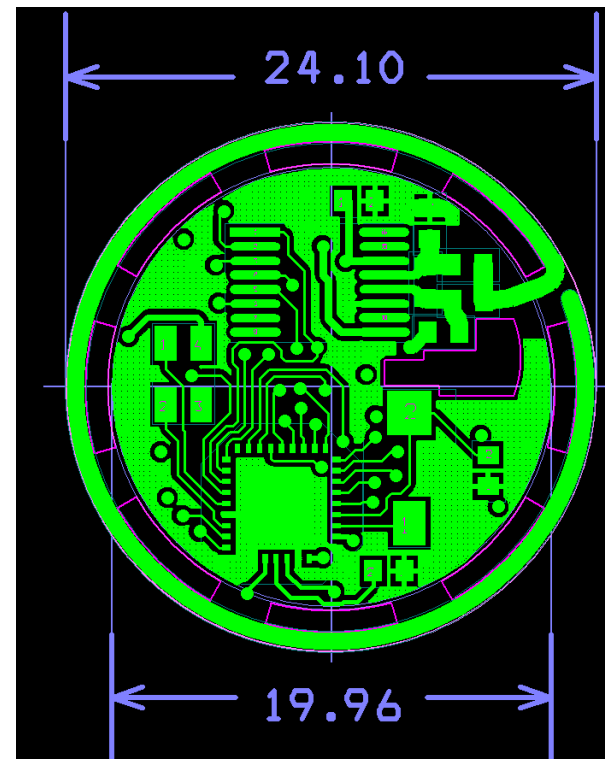
- Szimulációs szoftver lehetőségeinek és határainak ismerete (ne várjunk el többet, mint amire a szoftver képes, pl. oszcillátorok szimulációjának problémája)
- A használt modellek ismerete (pl. egy erősítő modellbe be van-e építve, hogy $\pm 15V$ tápfeszültségnél nem bír el többet)



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

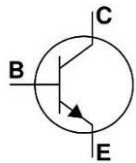


TARTALOM

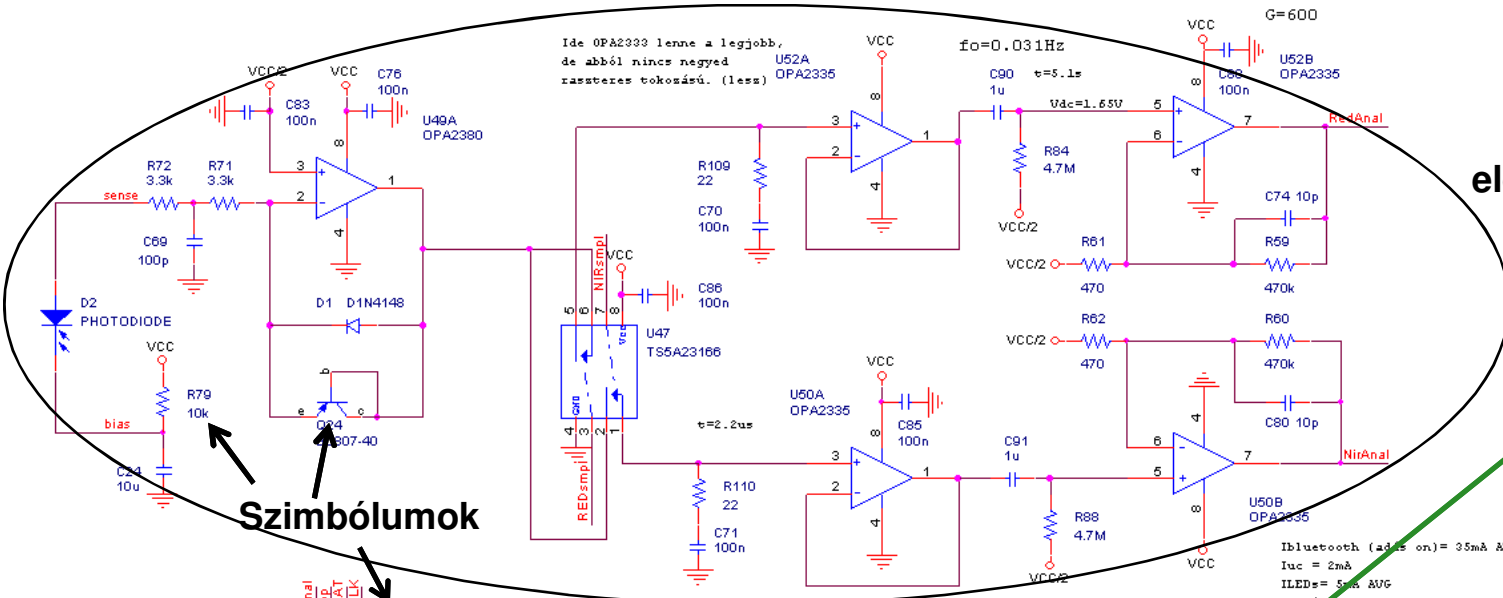
- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
 - **Kapcsolási rajz szerkesztés**
 - Szimuláció
 - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

- A SZERKESZTÉS részfeladatai:



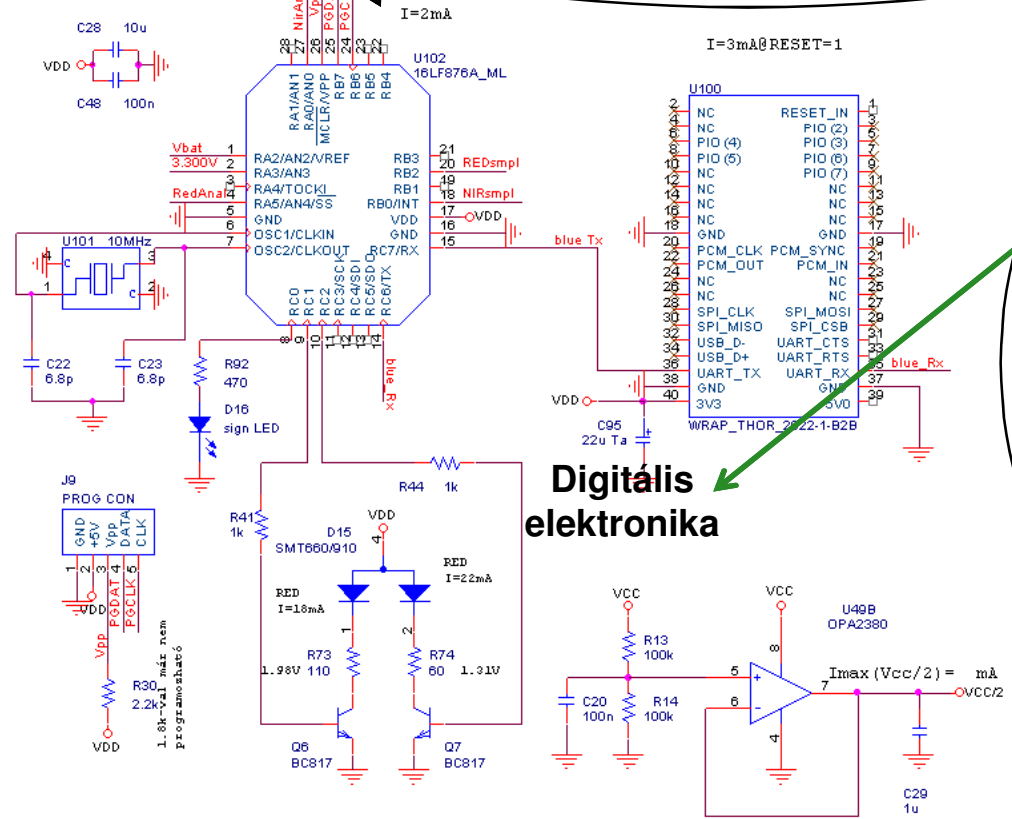
- **1. szimbólumok keresése** (könyvtárszerkezet, fájlok),
- **2. strukturálás,**
- **3. az alkatrész-szimbólumok felhelyezése** (és) szerkesztése,
- **4. összeköttetések** létesítése,
- **5. az alkatrészek adatainak (attribútumok)** szerkesztése,
- **6. egyéb információk** elhelyezése, szerkesztése,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



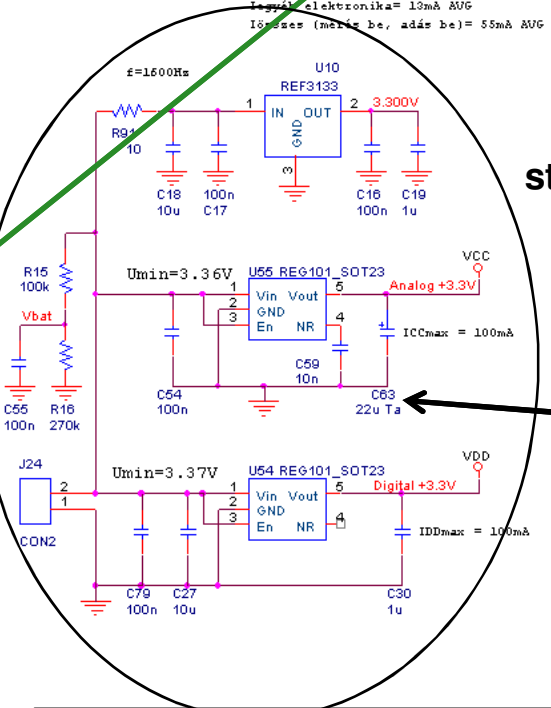
Analog elektronika

Sktruktúrálás

Szimbólumok



Digitális elektronika



Tápfesz stabilizátorok

Alkatrész attribútumok

Egyéb információk

Title	Stubán Norbert: Wireless miniatűr oximéter	
Size	Document Number Megépített verzió (v5.2) alapján javítva.	Rev 5.21
Date:	Friday, November 03, 2006	Sheet 1 of 1

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

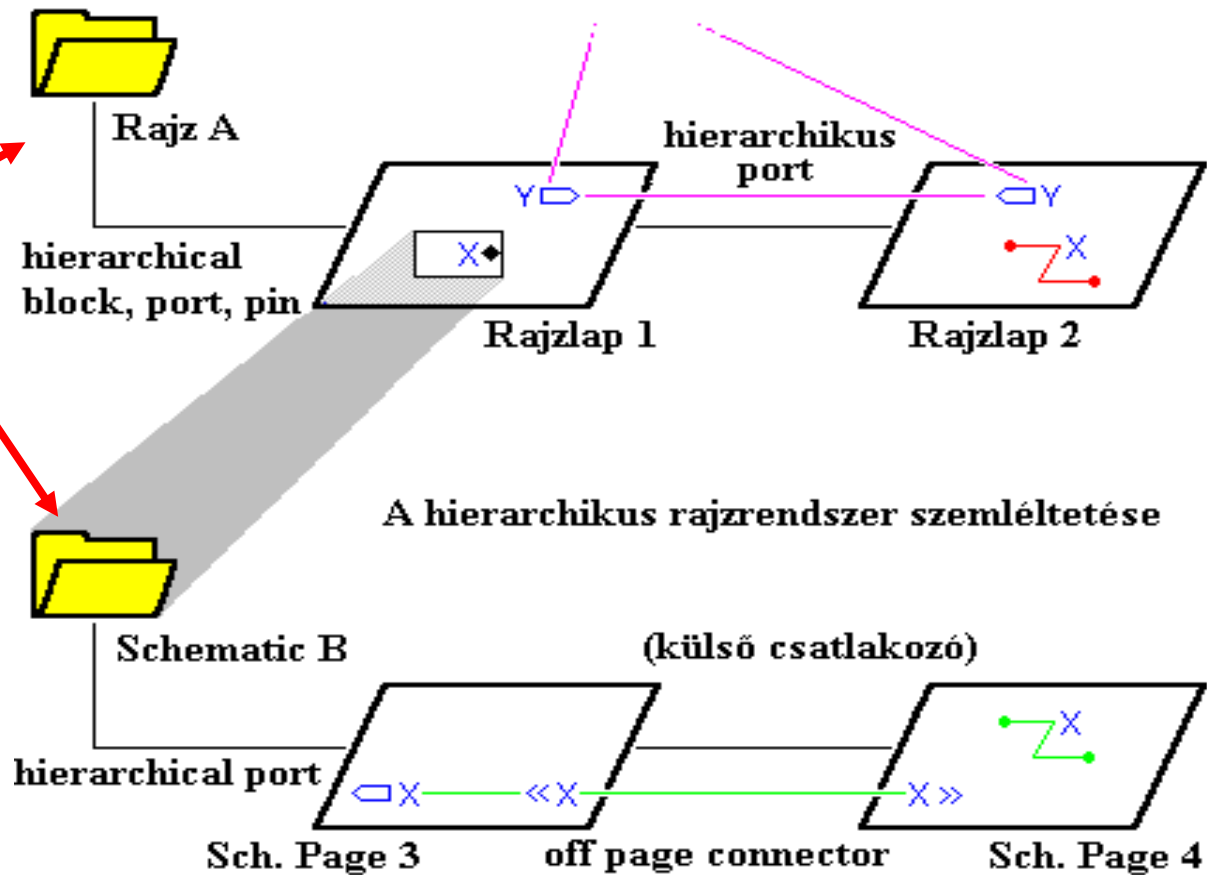
A szerkesztés a rajzlap(ok) számának és méreteinek „becslésével” kezdődik:

Ha egy rajzlapon nem fér el:
több rajzlap kell.

Ha több egyforma egység van:

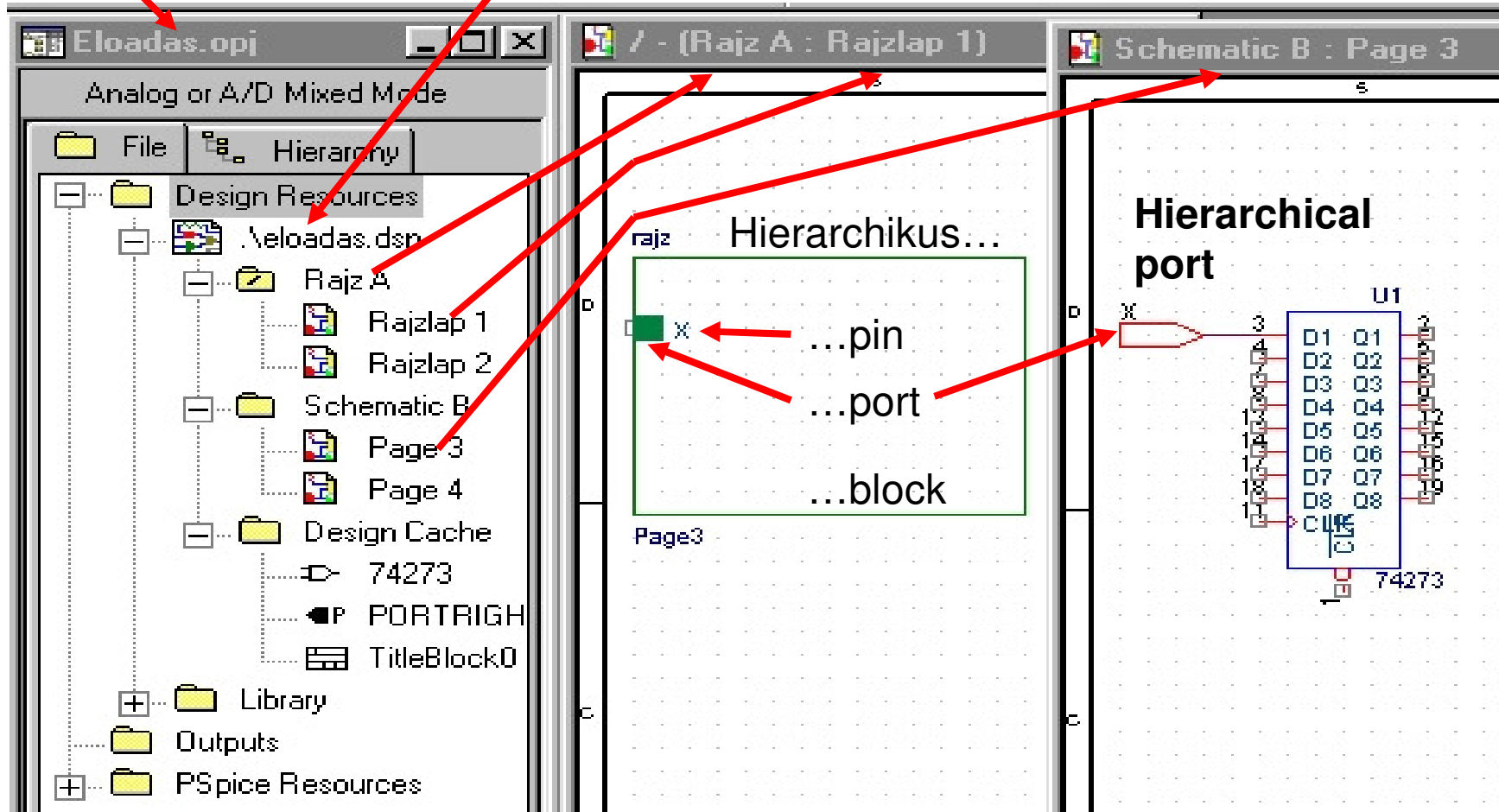
- megoldható blokkokkal, vagy

- hierarchikus rajzrendszerrel (hasonló mint a szubrutin)



ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

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



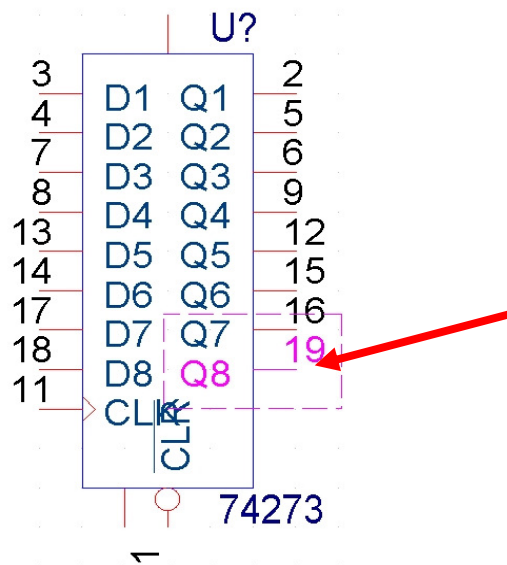
ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

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:

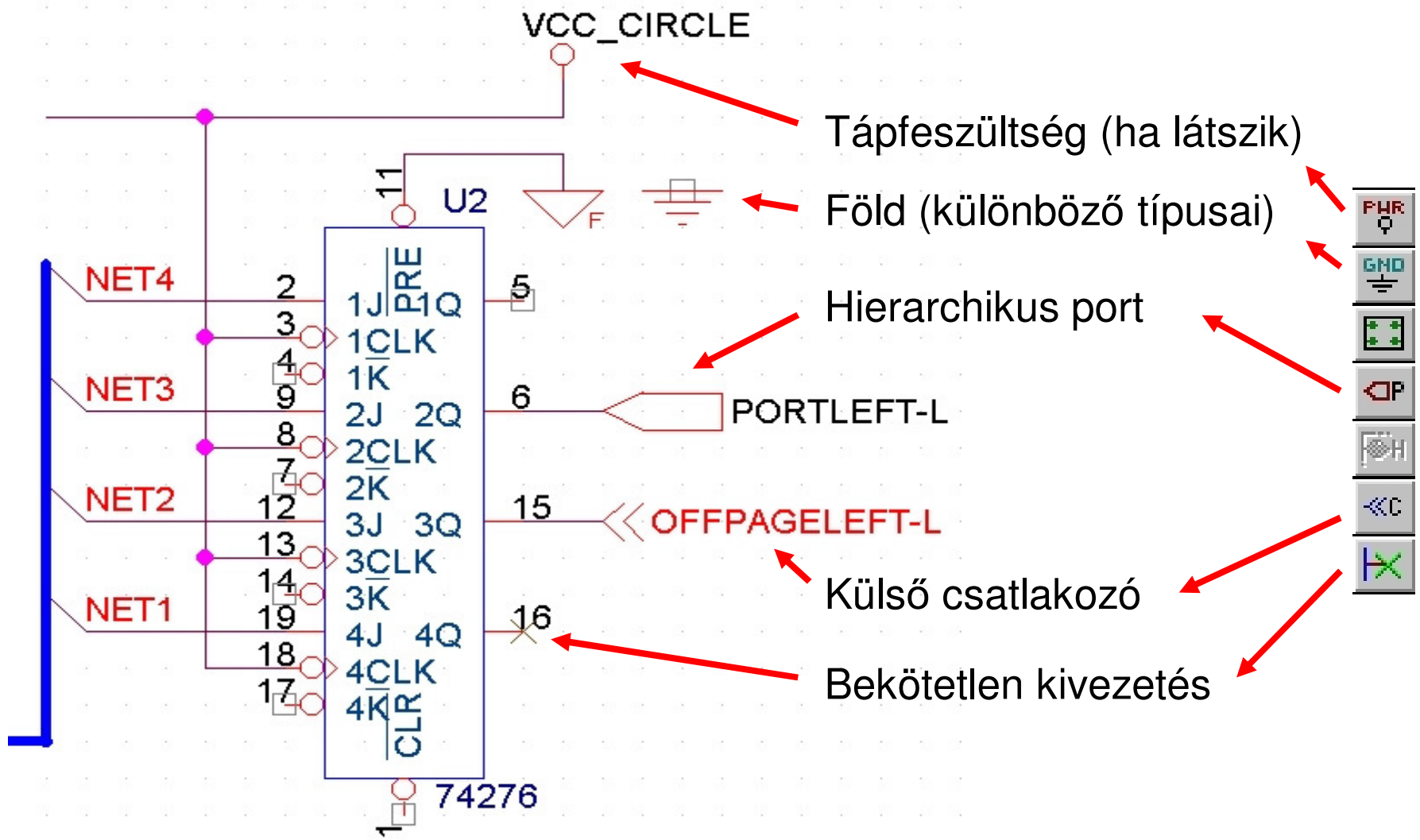
Meglévő (kijelölt) részek:

- törhető,
- másolható,
- szerkeszthető.

Új elemek:

- felrakható
- beállítható.

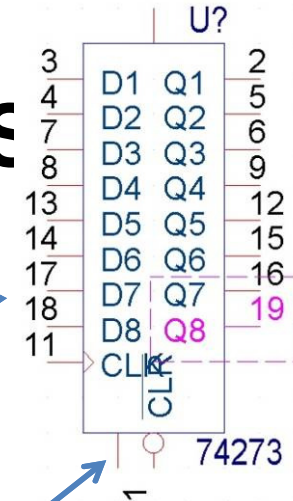
ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS



ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKES

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

		Color	Designator	Graphic
1	+ eload : eload : U1	Default		74273.Normal
2	+ eload : eload : U2	Default		74276.Normal

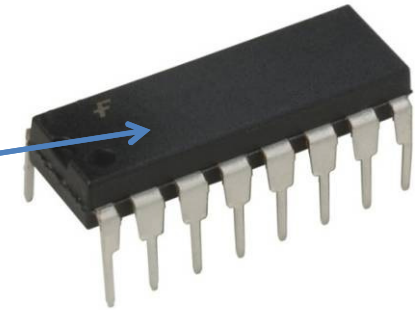


szimulációs modell,

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

azonosító, layout szimbólum, Tápfeszültség láb látható?

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



forrás

érték

Reference	Source Library	Source Package	Value
U1	D:\ORCADEMO\CAPTURE\LIBRARY\PSPICBEVAL.OLB	74273	74273
U2	D:\ORCADEMO\CAPTURE\LIBRARY\PSPICBEVAL.OLB	74276	74276

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

A kapcsolási rajz szerkesztő kimeneti dokumentációi:

- kapcsolási rajz (grafikus reprezentáció),
- .net (netlista a szimulátor program modul számára), amely tartalmazza az
 - alkatrészlistát,
 - 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 = alkatrészlista (bill of materials).

TARTALOM

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

SZIMULÁCIÓ A CAD RENDSZERBEN

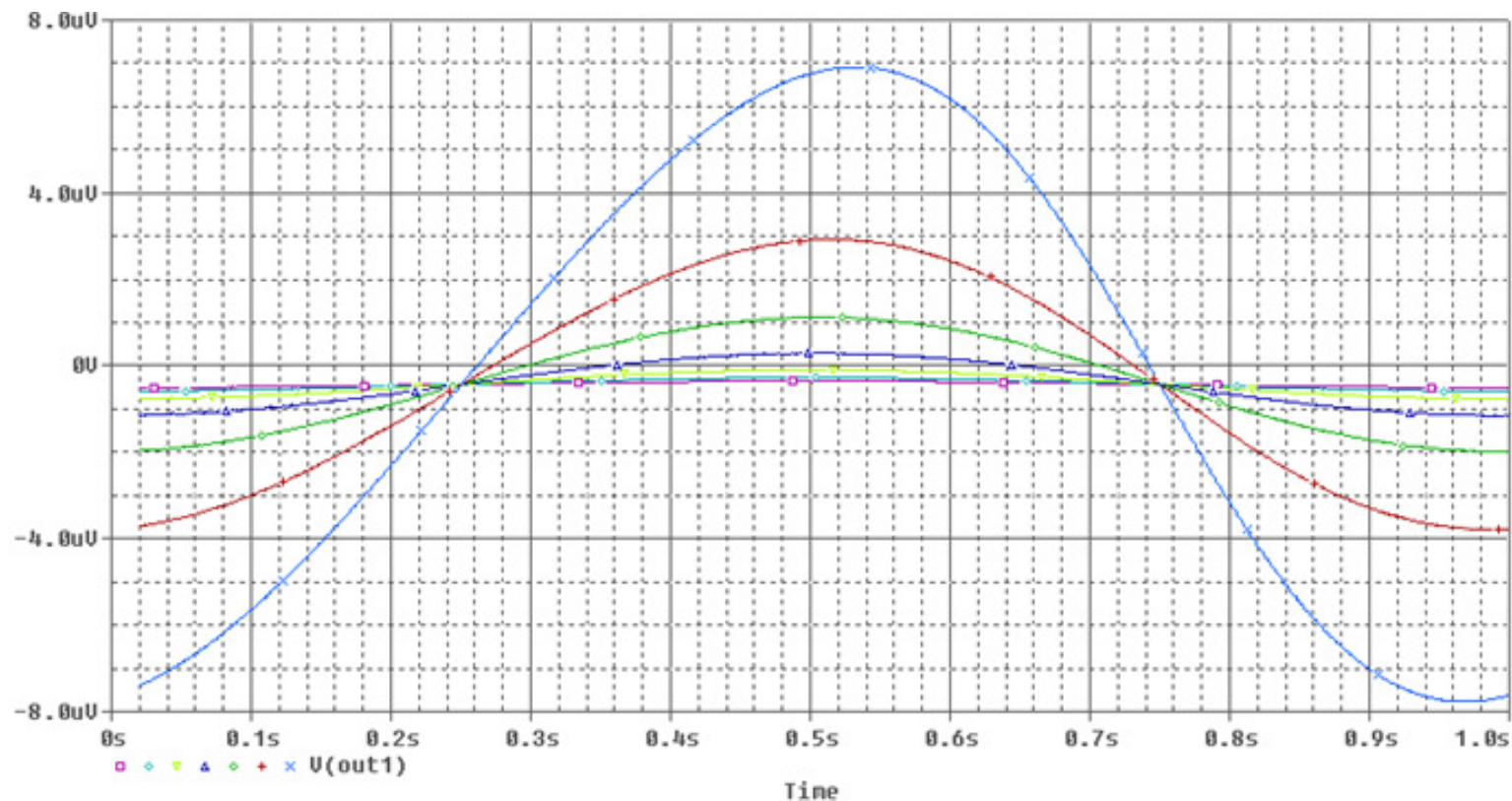
A szimuláció lehetőségei, fajtái:

- 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.
 - Időzítéses (Worst Case timing) szimuláció, pl. a kártyák felderítésére.
- Mixed (Analóg és Digitális) szimuláció.

SZIMULÁCIÓ

1. Példa:

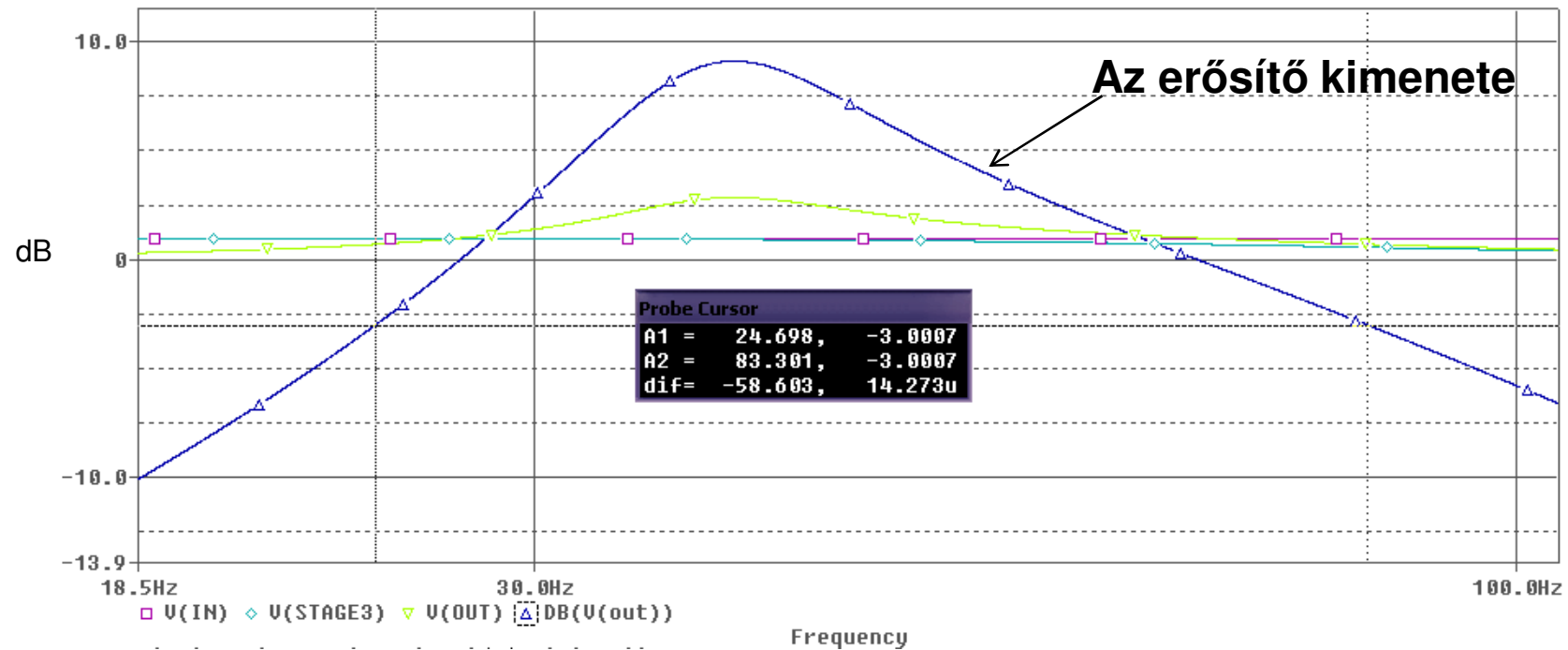
- OrCAD PSpice-al elvégzett parametrikus, időtartománybeli szimuláció eredménye: (egy ellenállás értékétől (paraméter) függően változik a kimeneti jelszint)



SZIMULÁCIÓ

2. Példa:

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



TARTALOM

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

NYHL TERVEZÉS (LAYOUT DESIGN)

Mi a layout?: Az elvi kapcsolási rajz megvalósítása (realizálása egy NYHL formájában)

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
- 4 („négyrétegű”),
- „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.

NYHL TERVEZÉS – LAYER STRUKTÚRA

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

Huzalozási rétegek

Forrasztásgátló maszk
(inverz réteg)

Solder Paste (inverz réteg)
(stencil apertúrák)

Szitázott információs réteg (fehér)

Kézi beültetést segítő dokumentációs réteg

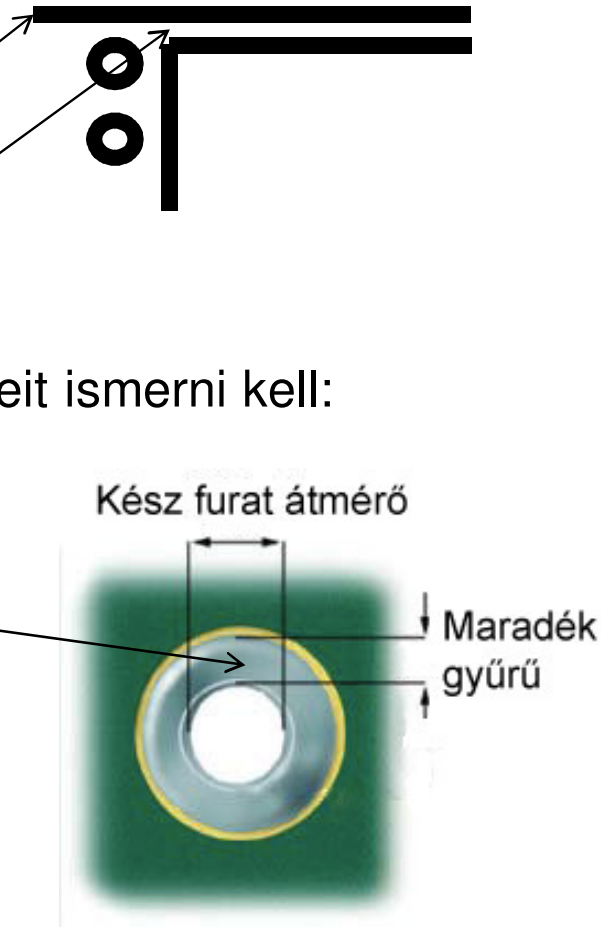
Fúró réteg

NYHL TERVEZÉS – TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK

El kell dönteni:

- a huzalozás típusát
 - 1 oldalas,
 - 2 oldalas furatfémezett,
 - 4 rétegű, táp- és föld-rétegekkel,
 - többrétegű
- a NYHL gyártó üzem technológiai paramétereit ismerni kell:
 - “Vonalszélesség”
 - Szigetelő távolság
 - Maradék gyűrű méret

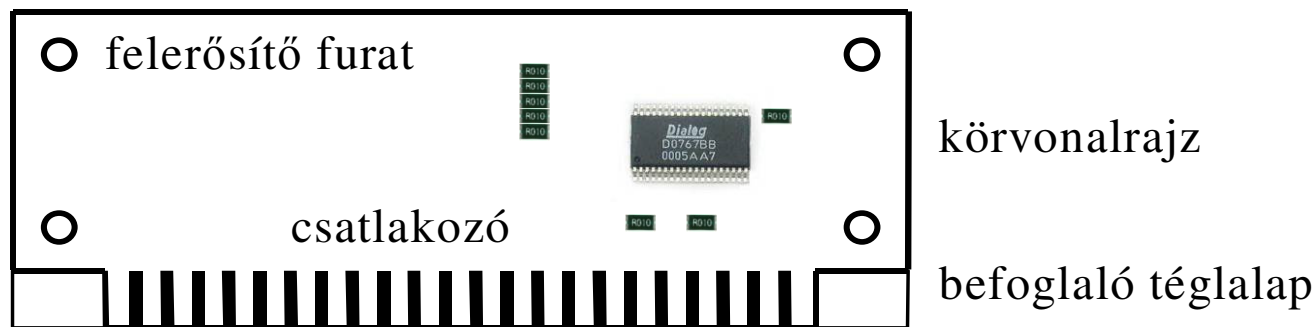
Ezek nagyban befolyásolják a NYHL árát, és az elérhető rajzolatfinomságot



NYHL TERVEZÉS – LAYOUT DESIGN

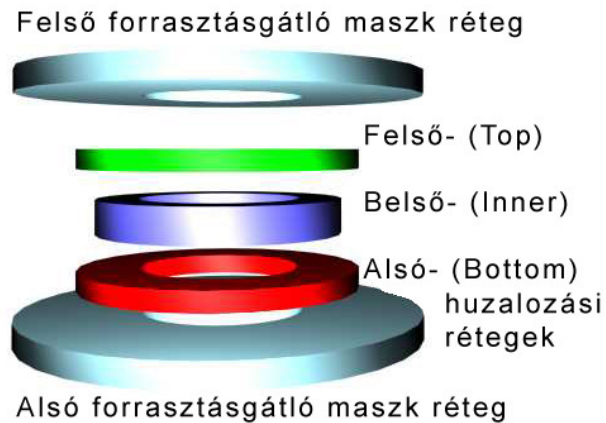
A Nyomtatott Huzalozású Lemez definiálása:

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

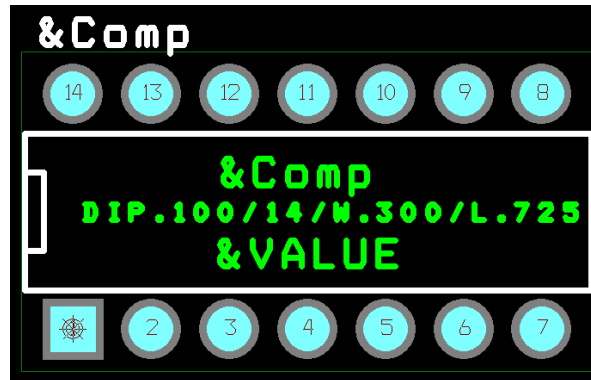


NYHL TERVEZÉS TERVEZÉS MENETE

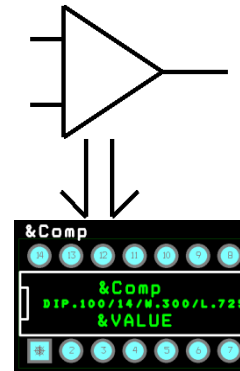
Forrszem →



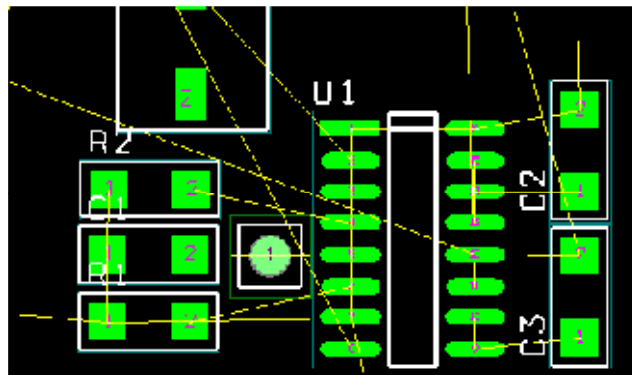
Footprint →



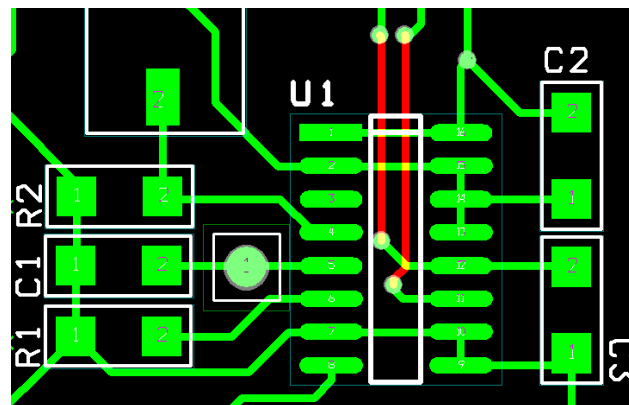
Tok-
hozzárendelés →



Elrendezés →



Huzalozás →



Dokumen-
tálás

Kimeneti dokumentációk generálása a NYHL gyártó üzem számára

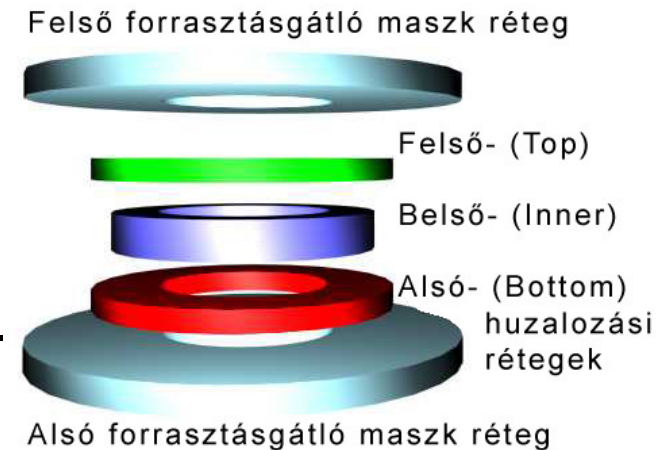
PAD, PADSTACK

Forrszem („Padstack”) szerkezete:

A forrszem (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 forrszemeket.
- Padstack azonosító, pl. SQ60D30 (square 60 mil átmérővel, 30 mil furattal).



Természetesen egy PAD minden rétegen más és más lehet.

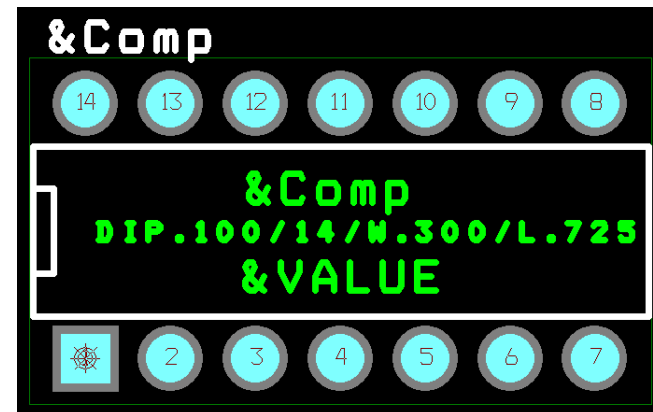
Fontos: a furatátmérő a furat-galvanizálásnál csökken, vagyis az alkatrész láb nem fog belemenni a furatba, ha nem növeljük annak méretét!

A FOOTPRINT

Az alkatrész rajzolat („Footprint”) alkotóelemei:

A RAJZOLATELEMEK KÖNYVTÁRÁban tárolt alkatrészrajzolatok (FOOTPRINT) részei:

- Rajzolatnév.
- Mértékegység rendszer (metrikus, mil).
- Forrszem adatok:
 - PAD név (lábsorszám),
 - padstack azonosító,
 - koordináták.
- Alkatrészkontúr (Outline): az alkatrészt befoglaló körvonal.
- Alkatrész azonosító (Reference Designator).
- Tokozás azonosító.
- Érték.



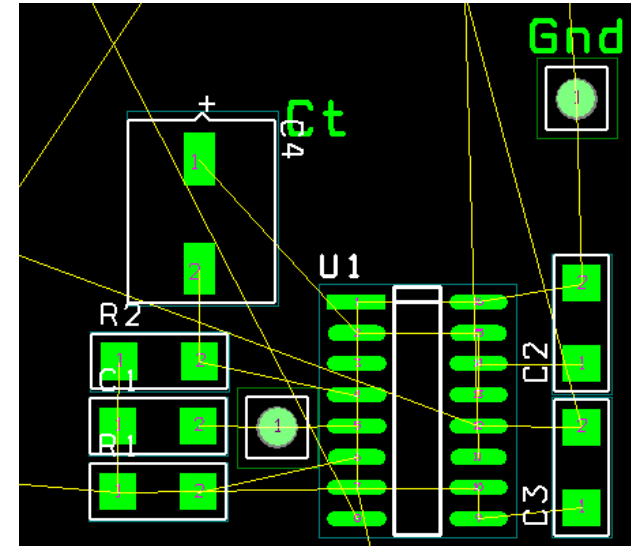
TOK (FOOTPRINT) HOZZÁRENDELÉS

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 alkatrész-tulajdonságok (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 „npn” tranzisztorból „SOT 23”-as tokozású alkatrész.
- Ehhez a Footprint-ek könyvtárakba struktúrálva állnak rendelkezésre
- Kezdődhet az ELRENDEZÉS TERVEZÉS:
A jó alkatrész-elrendezés a huzalozhatóság legfontosabb feltétele.
- Az ELRENDEZÉS TERVEZÉS-t 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

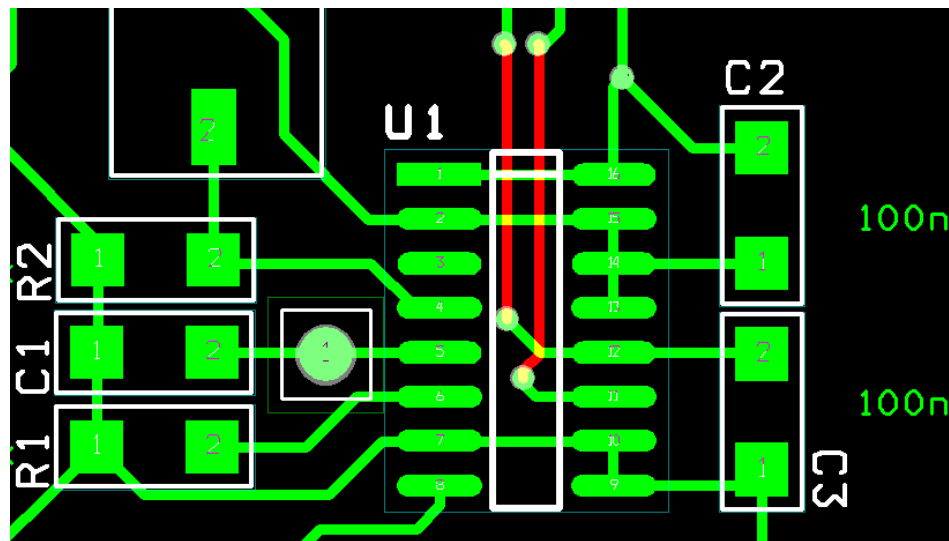
Az automatikus ELRENDEZÉS TERVEZÉSt „elrendezési stratégia” irányítja. Ez, rendszerint egy „hálón” alapul, az alkatrészek a háló pontjaiba helyezhetők.

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 kivezetéseihez kapcsolódik. Ezeket – alkatrészcsereikkel – egymáshoz közelebb rakva, egyenletesebbé lehet tenni az eloszlást.

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 ANALIZIS programmal vizsgálható.

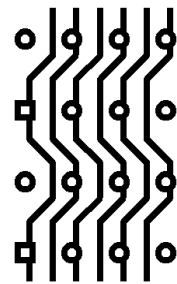


HUZALOZÁS TERVEZÉS

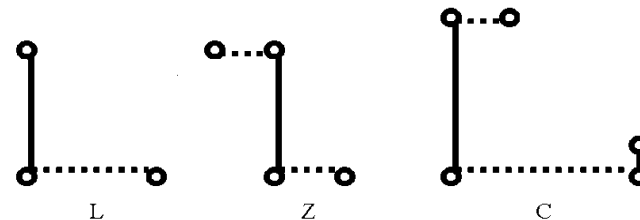
- A huzalozástervezés lehet: kézi, interaktív, és automatikus.
- Mindegyik valamilyen stratégiával végezhető: különböző területeken, csomópontokkal (táp-föld, memória, stb.), futtatási-fázis számmal (1-10), rétegeken (1, 2, 4, több), rétegenkénti súlytényezőkkel, algoritmusokkal.

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 felszedi, arrébb tolja őket, hogy egy újabb vezetéknek helyet csináljon.
- Via 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) 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)

DOKUMENTÁCIÓ KÉSZÍTÉS

- A FÚRÓ-FÁJL (DRD=Drill DRawing), rendszerint „Excellon” formátumú. Ez
 - az abszolút-, vagy relatív (inkrementális) koordinátákat, és
 - a fúrógép szerszámtartójába helyezett fúrók tárolási pozícióit tartalmazza.
- A további gyártási dokumentációkat is hasonló formátumokban kell előállítani, hiszen a gyártógépek :
 - a koordinátákat (ragasztó vagy forraszpasztá felvitel), illetve a további,
 - az apertúrához hasonló, pl. alkatrész azonosítót (a beültetőgépeknél tárpozíciót)igényelnek a működésükhöz.

KIMENETI DOKUMENTÁCIÓK

Az ármkörtervezés kimeneti dokumentációi:

- Kapcsolási rajz (kapcsolási rajz szerkesztőből)
- Alkatrész lista (Bill of Materials, kapcsolási rajz szerkesztőből)
- Fúró fájl (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)
 - Szitafelirat 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

ÖSSZEFOGLALÓ KÉRDÉSEK

- Milyen program moduljai vannak az OrCAD áramkör tervező rendszernek? (minimum 3) Mire használjuk ezeket a szoftvereket?
- Sorolja fel az áramkörtervezés három fő lépését! Röviden jellemezze az elvégzendő feladatokat.
- Áramkör tervező rendszerben sorolja fel a kapcsolási rajz elkészítésének lépéseit!
- Áramkörtervező rendszerrel hogyan zajlik a NYHL megtervezése a kapcsolási rajz alapján? (Írja le lépéseket röviden.)
- Sorolja fel egy áramkörtervező rendszer kimeneti dokumentációit!
- Áramkör tervező rendszerben mi a padstack?
- Áramkör tervező rendszerben mi a footprint?