



Marius RANGU, 2007

marius.rangu@etc.upt.ro

Pachetul PADS conține două module destinate realizării proiectelor de cablaj imprimat (*PCB = Printed Circuit Board*):



PADS Layout → Modulul generic de proiectare PCB



PADS Router → Modulul opțional destinat în principal operației de interconectare

În continuare va fi prezentat doar modulul Layout, a cărui utilizare este obligatorie pentru proiectarea de cablaje imprimate în PADS.

INTERFAȚA PADS LAYOUT

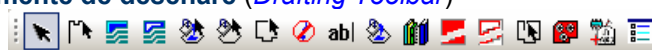
BARE DE INSTRUMENTE

(*Toolbars*)

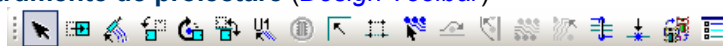
Bara principală de instrumente a PADS Logic reprodusă în figura de mai jos conține, pe lângă opțiunile uzuale (gestionare fișiere, selecție nivel, etc.), butoane pentru activarea barelor de instrumente suplimentare specifice diferitelor moduri de proiectare:



➤ **Instrumente de desenare** (*Drafting Toolbar*)



➤ **Instrumente de proiectare** (*Design Toolbar*)



➤ **Instrumente de măsurare** (*Dimensioning Toolbar*)



➤ **Instrumente de editare a bazei de date** (*ECO Toolbar*)



FILTRUL DE SELECȚIE

(*Selection Filter*)

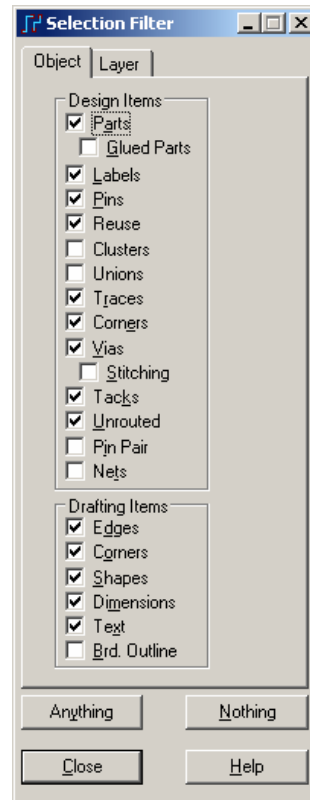
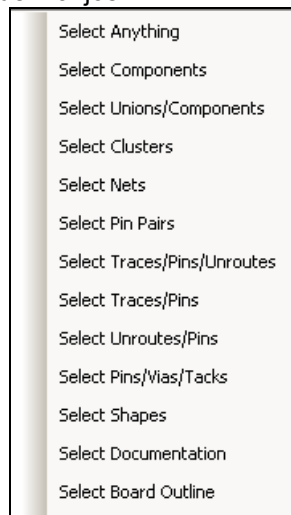
Filtrul de selecție reprezintă un instrument cu ajutorul căruia se poate restricționa selectarea:

→ categoriilor de obiecte din care e construit cablajul imprimat (componente, trasee, pini, etichete, etc.) – *tab-ul Object*

→ nivelurilor de proiectare – *tab-ul Layer*

Fereastra de configurare a filtrului de selecție reprodusă în figura alăturată poate fi activată (doar în modul de lucru "selecție", fără nici un instrument de proiectare activ) cu *Click dreapta* → *Filter* sau utilizând combinația de taste **CTRL+ALT+F**.

O parte din opțiunile de filtrare sunt accesibile direct din meniul activat cu butonul din dreapta al mouse-ului, reprodus în figura de mai jos:



OPȚIUNI DE VIZUALIZARE

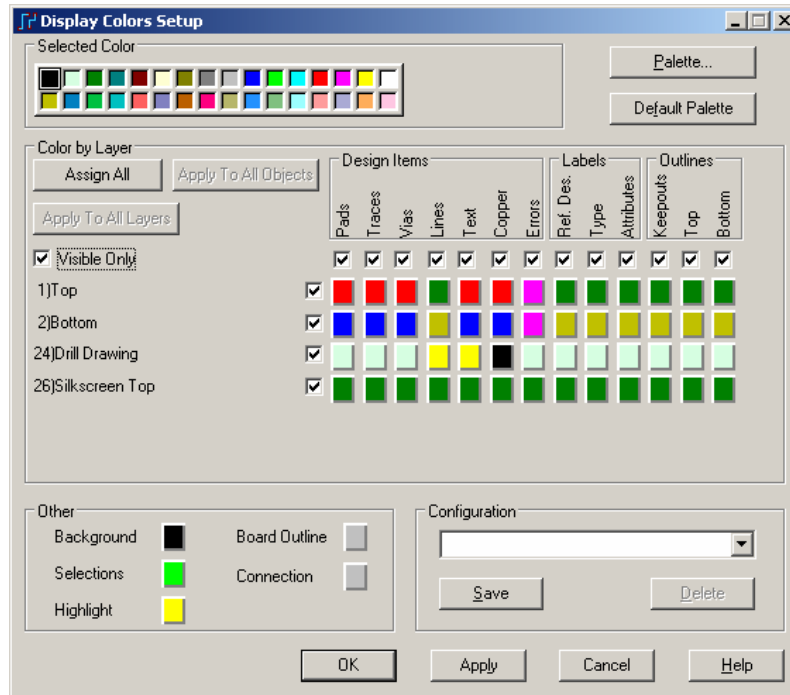
- **Configurarea culorilor:** se poate realiza utilizând opțiunea de meniu *Setup* → *Display Colors* sau combinația de taste **CTRL+ALT+C**.


Fereastra de configurare a culorilor reprodusă în figura de mai jos permite atât stabilirea individuală a culorii de reprezentare pentru fiecare categorie de obiect plasat pe fiecare nivel de proiectare, cât și stabilirea opțiunii de vizualizare/ascundere a fiecărei categorii de obiect, respectiv a fiecărui nivel de proiectare, prin intermediul casetelor de validare de pe cele două laturi ale matricei de asociere a culorilor.

Configurațiile de reprezentare pot fi salvate pentru reutilizarea în cadrul altor proiecte, utilizând câmpul *Configuration*.



Configurațiile de reprezentare sunt memorate la nivelul proiectului PCB, iar la nivelul editorului PADS Layout doar dacă sunt în mod explicit salvate utilizând câmpul Configuration. Consecința este că un proiect PCB va utiliza aceleași culori de reprezentare indiferent pe ce calculator este vizualizat, iar la crearea unui nou proiect se va utiliza configurația implicită, indiferent de culorile utilizate în alte proiecte.



- **Vizualizarea niveluri.** Există două posibilități de vizualizare a nivelurilor de proiectare, configurabile utilizând opțiunea de meniu **Tools → Options** (sau butonul ) – **tab-ul Global**:

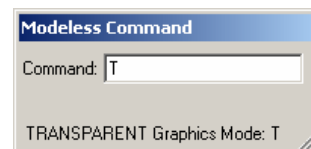
☒ **Active layer comes to front** Nivelul de proiectare activ este reprezentat deasupra tuturor celorlalte niveluri de proiectare

☐ **Active layer comes to front** Succesiunea de reprezentare a nivelurilor de proiectare este cea din figura de mai sus (Top → Bottom → ...), indiferent de nivelul de proiectare activ

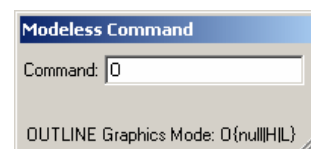


Nivelul de proiectare activ este cel selectat pe bara principală de instrumente (stânga-sus)

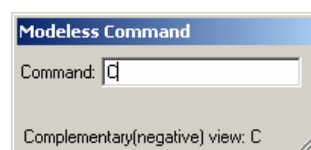
- **Modul transparent:** se activează / dezactivează utilizând comanda din tastatură **T**. În acest mod nivelurile de proiectare sunt reprezentate transparent pentru a facilita vizualizarea obiectelor plasate pe celelalte niveluri de proiectare, nu doar pe cel activ.



- **Modul Contur (outline):** se activează / dezactivează utilizând comanda din tastatură **O**. În acest mod toate obiectele de proiectare sunt reprezentate doar prin liniile de contur, pentru simplificarea operațiilor de procesare grafică și eliberarea resurselor de calcul pentru alte operații de proiectare.



- **Modul Complementar:** se activează utilizând comanda din tastatură **C**. În acest mod se vizualizează un singur nivel de proiectare (cel activ), în mod negativ: suprafețele conductoare vor fi invizibile iar cele izolatoare vor fi reprezentate cu culoarea nivelului de proiectare activ.



În modul de vizualizare complementar nu este permisă editarea proiectului; pentru revenirea la modul normal de vizualizare se utilizează tasta **ESC**.

SINCRONIZAREA PROIECTULUI (ECO)


În reprezentarea internă a PADS Logic schema electronică reprezintă o bază de date ce conține componente și conexiuni, iar în reprezentarea internă a PADS Layout cablajul imprimat reprezintă o altă bază de date, ce conține atât lista de componente și conexiuni, cât și trasee, găuri de trecere, etc. Informațiile comune ambelor reprezentări ale proiectului se pot modifica atât din PADS Logic cât și din PADS Layout, astfel încât, pentru a menține coerența proiectului, se impune utilizarea unor proceduri de actualizare a bazelor de date, denumite generic **sincronizarea** proiectului (**ECO = Engineering Changing Order**).

Problema sincronizării se pune doar în momentul în care există ambele reprezentări ale proiectului (schemă electronică + PCB). Cele mai frecvente operații de editare care necesită resincronizarea sunt:

- redenumirea componentelor / conexiunilor
- interschimbarea pinilor / părților de componentă
- adăugarea / ștergerea componentelor și/sau a conexiunilor
- selecția altor amprente de cablaj
- modificarea regulilor de proiectare (acestea sunt accesibile și în PADS Logic !)

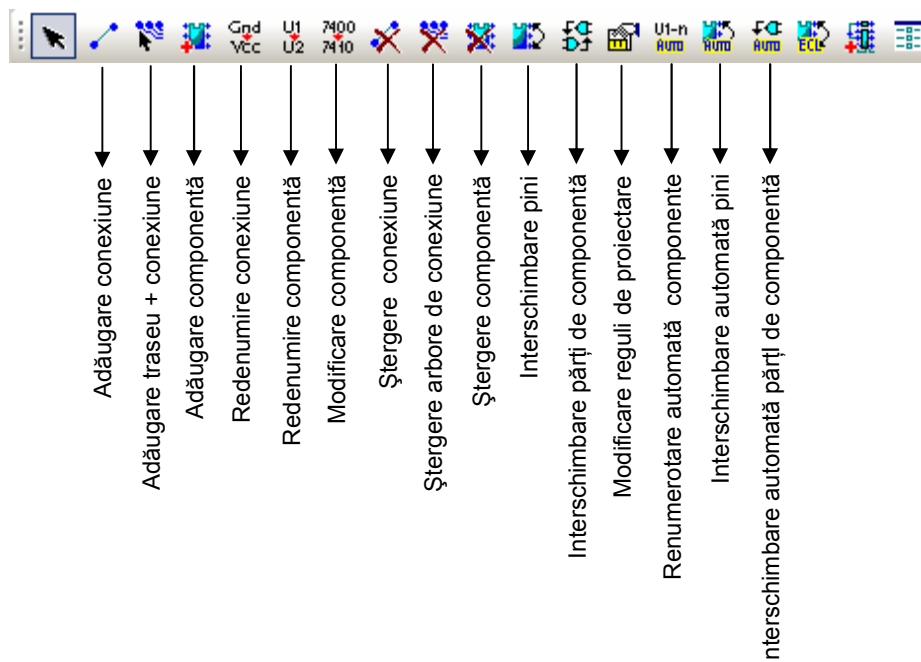


Proiectele nesincronizate nu sunt reutilizabile !!!

Pentru a forța sincronizarea proiectelor, operațiile de editare PCB ce afectează baza de date comună ambelor reprezentări (**ECO-transferabile**) se pot efectua doar în modul de lucru ECO, activat prin apăsarea butonului  de pe bara principală de instrumente. Operațiile efectuate în acest mod se vor scrie atât în baza de date PCB cât și într-un fișier ECO utilizabil ulterior pentru actualizarea schemei electronice.

OPERAȚII ECO-TRANSFERABILE

În modul de lucru ECO operațiile de editare sunt accesibile pe bara de instrumente reproducă în figura de mai jos:




Câteva precizări:


1.(despre componente...): Posibilitatea de a adăuga componente direct la nivelul PCB nu e menită să încurajeze practici de proiectare dubioase, ci se justifică datorită necesității de a introduce în cablajul imprimat componente fără reprezentare în schema electronică (**non-ECO-transferabile**), cel mai frecvent elemente mecanice: găuri de montare a plăcii în carcasă, radiatoare, socluri, etc.

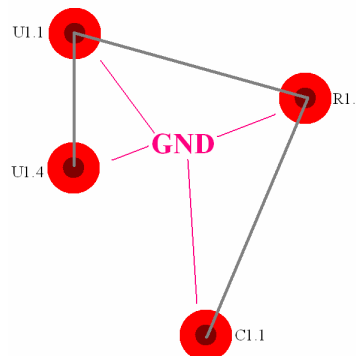


La definirea în bibliotecă a unei componente există posibilitatea de a specifica dacă este sau nu ECO-transferabilă (☒ ECO Registered Part). Găurile de prindere spre exemplu se definesc în biblioteci ca și componente fără simbol, non-ECO-transferabile.

2.(despre conexiuni...): Terminologia PADS include doi termeni cu referire la conexiuni:

Arbore de conexiune (Net)= o listă de terminale între care trebuie asigurată o cale continuă de circulație a curentului electric. În figura alăturată este exemplificat arborele de conexiune GND, ce conține o listă de patru terminale. Cu butonul  se șterge în întregime un arbore de conexiune.

Conexiune (Connection) = apartenența unui pin la un arbore de conexiune. În exemplul din figura alăturată există patru conexiuni: U1.1 la arborele GND, U1.4 la arborele GND, R1.1 la arborele GND și C1.1 la arborele GND. Cu butonul  se șterge o singură astfel de conexiune (se elimină un terminal dintr-un arbore).

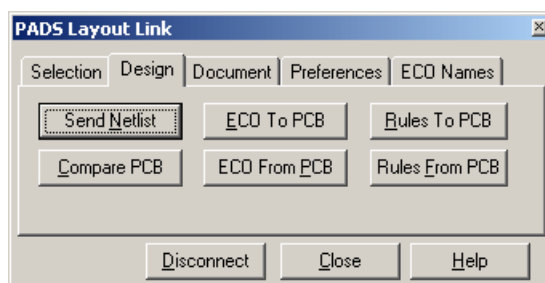


Arborii de conexiune sunt reprezentați grafic sub forma unor **vectori de conexiune (unroutes)** – liniile gri din figura de mai sus.

3.(despre interschimbări...): Interschimbarea terminalelor (**Swap Pin**) se poate realiza doar între terminale ale aceleiași părți de componentă care au același cod SWAP definit în bibliotecă. Interschimbarea părților de componentă (**Swap Gate**) se poate realiza fie între părți ale aceluiași tip de componentă care au același cod SWAP definit în bibliotecă, fie între componente de același tip. Ambele operații pot fi realizate manual sau automat, în varianta automată programul încercând să optimizeze topologia de interconectare pentru minimizarea lungimilor conexiunilor.

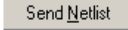



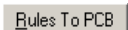
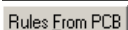
TRANSFERURI ECO

Sincronizarea proiectului este inițiată din PADS Logic utilizând opțiunea de meniu **Tools → PADS Layout**. Fereastra de comandă a transferurilor ECO este reprodusă în figura de mai jos.



Cât timp fereastra de mai sus este deschisă, dacă este validată caseta ☒ Receive Selections din tab-ul Selection, selecțiile de componente, conexiuni, terminale, etc. sunt comune ambelor editoare. Acest instrument de lucru ("cross-probe" în alte aplicații CAD) facilitează proiectarea corectă a cablajelor imprimate (dispunerea componentelor după conectivitate, gruparea în module funcționale, etc.)

Opțiunile de transfer disponibile sunt:

	= transferul listei de conexiuni din Logic în Layout
	= compararea schemei electronice cu cablajul imprimat și generarea unui raport
	= actualizarea PCB conform modificărilor efectuate în schema electronică
	= actualizarea schemei electronice conform modificărilor efectuate în PCB
	= transferul regulilor de proiectare editate în Logic, spre Layout.
	= transferul regulilor de proiectare editate în Layout, spre Logic.



Opțiunile de actualizare "ECO to PCB" și "ECO from PCB" nu afectează și componentele non-ECO-transferabile

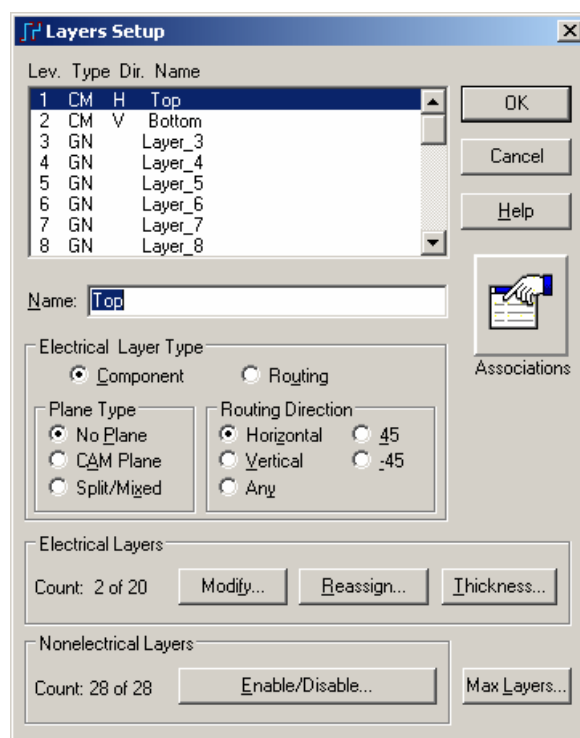



[Cum se editează un cablaj imprimat în modul ECO](#)

CONFIGURAREA PROIECTULUI

STRUCTURA PLĂCII

Cablajele imprimate pot avea structuri diferite (simplu / dublu / multi – stratificat, cu / fără măști de lipire, cu / fără inscripționări, etc), prin urmare și proiectele PCB vor utiliza mai multe sau mai puține dintre nivelurile de proiectare. Configurarea acestora se realizează în fereastra din figura de mai jos, activată utilizând comanda de meniu [Setup→Layer Definition](#).



Implicit PADS Layout operează cu 30 niveluri de proiectare (numărul acestora poate fi extins la 250 cu butonul ) , clasificate ca electrice sau neelectrice.

- **Nivelurile electrice** sunt utilizate pentru definirea straturilor de interconectare din Cupru; configurarea implicită corespunde cablajelor imprimate dublu-stratificate și conține două niveluri electrice, denumite **Top** și **Bottom**.

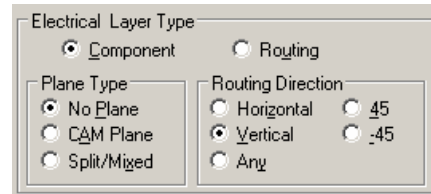
Nivelurile electrice de suprafață (Top și Bottom) sunt catalogate ca niveluri de plasare a componentelor (**Component**), iar cele îngropate în substratul plăcii (doar pentru cablajele multistratificate) drept niveluri de interconectare (**Routing**).

Fiecare nivel electric poate fi configurat ca:

No Plane = nivel general de interconectare

CAM Plane = plan continuu de alimentare, pentru o singură conexiune (ex: GND)

Split / Mixed = plan de alimentare divizat în mai multe zone corespunzătoare mai multor conexiuni (ex: AGND și DGND)

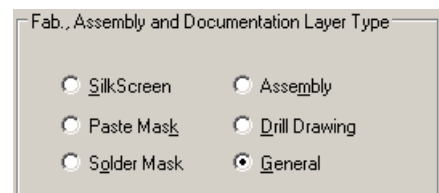


Fiecare nivel electric are asociată o direcție preferențială de dispunere a traseelor; atât din considerente geometrice cât și pentru minimizarea cuplajelor parazite se recomandă respectarea **principiului ortogonalității**: traseele situate pe niveluri electrice alăturate vor fi conduse pe direcții perpendiculare (ex: *top* = orizontal, *bottom* = vertical)

- **Nivelurile neelectrice** pot fi niveluri de fabricare / asamblare / documentare a plăcii sau niveluri de uz general, cărora proiectantul le poate asocia orice semnificație dorește (ex: nivel de desenare a carcasei în care se va monta placa, nivel de definire a măștii pentru lipirea în val selectiv, etc.)

Nivelurile de fabricare a plăcii sunt:

- **Silkscreen** = inscripționări realizate cu vopsea pe o suprafață a plăcii
- **Solder Mask** = masca de lipire (lacul izolator, de obicei de culoare verde, care acoperă o întreagă suprafață a plăcii, mai puțin padurile de lipire)



Nivelul de asamblare a plăcii este **Paste Mask** = masca de depunere a pastei de lipire pentru lipirea în tehnologie *Reflow*.


Nivelurile de documentare sunt:

- **Assembly** = desenul de asamblare a componentelor de pe o suprafață a plăcii
- **Drill Drawing** = desenul de găurire (unic pentru întreaga placă !)



Nivelurile electrice de suprafață (Top și Bottom) au asociate câte unul din fiecare nivel de fabricare / asamblare / documentare (ex: Top are asociate nivelurile neelectrice Silkscreen Top, Paste Mask Top, Solder Mask Top și Assembly Drawing Top). Asocierile nivelurilor electrice se definesc utilizând butonul Associations

CONTURUL PLĂCII

Pentru definirea conturului plăcii PADS utilizează un nivel de proiectare rezervat, denumit **Board Outline**. Pentru desenarea acestuia se utilizează butonul  de pe bara instrumentelor de desenare.

Un proiect PCB este valid doar dacă toate componentele, traseele și găurile de trecere (via) sunt plasate în interiorul acestui contur.



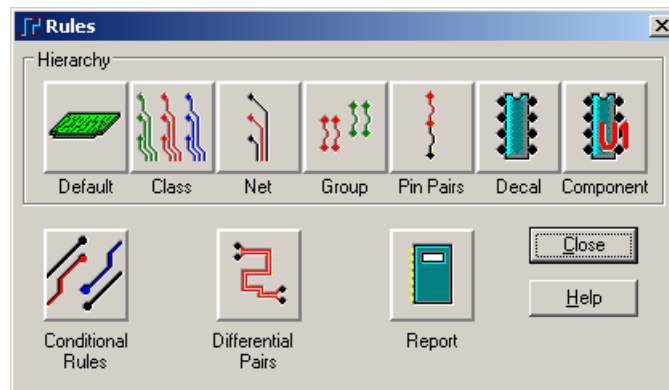
[Cum se definesc structura și conturul plăcii](#)

CONFIGURAREA REGULILOR DE PROIECTARE

Orice proiect de cablaj imprimat trebuie să respecte o serie de reguli de proiectare, impuse de tehnologia de fabricare PCB, tehnologia de lipire, restricții mecanice, considerente de integritate a semnalelor, etc. Pentru a facilita respectarea acestora aplicațiile CAD de proiectare PCB conțin module de verificare automată a regulilor, care necesită, firește, o configurare prealabilă.

PADS Layout oferă un modul complex de configurare a regulilor de proiectare, ce include spre exemplu reguli de egalizare a timpilor de propagare, rutare diferențială, paralelism, etc, însă orice proiect necesită cel puțin configurarea a două reguli esențiale: lățimea minimă a traseelor și spațiile minime dintre acestea.

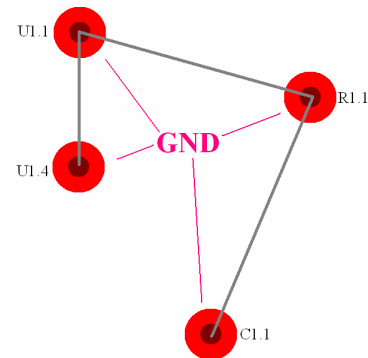
Impunerea regulilor de proiectare se poate realiza fie din PADS Logic (parțial), fie din PADS Layout (complet), utilizând opțiunea de meniu **Setup → Design Rules**. Fereastra de configurare a regulilor din PADS Layout este reprodusă în figura de mai jos:



Primul pas în impunerea regulilor constă în specificarea domeniului de aplicabilitate:

- **Default** = reguli implicite, valabile pentru toate elementele pentru care nu au fost specificate alte reguli
- **Class** = reguli aplicabile unor clase de conexiuni (ex: clasa "Analogic", clasa "Alimentare", etc)
- **Net** = reguli aplicabile la nivelul arborilor de conexiune (ex: GND)
- **Pin Pairs / Group** = reguli aplicabile la nivelul vectorilor de interconectare / grupurilor de vectori de interconectare.

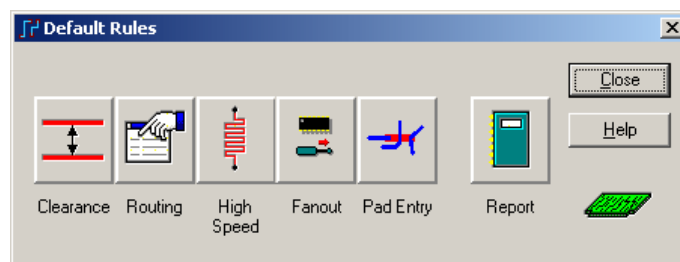
Pentru fiecare arbore de conexiune ce conține mai mult decât doi pini, succesiunea de interconectare definește topologia arborelui. Spre exemplu în figura alăturată arborele GND este realizat într-o topologie de tip "serial": U1.4 → U1.1 → R1.1 → C1.1 (firește, nu e singura topologie posibilă...). Topologia de interconectare este definită de vectori de conexiune (*Pin Pairs*), pentru care pot fi definite reguli individuale sau pot fi grupate pentru definirea unor reguli de grup. Utilitatea unei astfel de abordări e evidentă dacă luăm în considerare că un arbore de conexiune poate necesita reguli de proiectare particularizate pentru fiecare conexiune în parte; în exemplul arborelui GND e posibil ca pe calea C1.1 → R1.1 → U1.1 să circule un curent de maxim 10mA iar pe calea U1.4 → U1.1 să circule maxim 10A, ceea ce în mod evident va necesita trasee de lățime semnificativ mai mare; impunerea unei reguli de lățime a traseelor pentru întregul arbore de conexiune ar fi o risipă de spațiu.



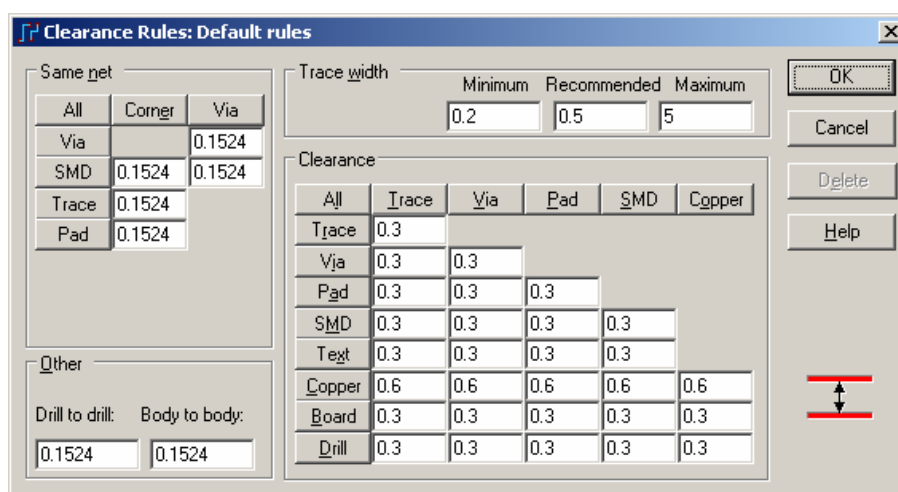
În terminologia PADS, **Pin Pair** (pereche de pini) reprezintă un vector de conexiune iar **Unroute** reprezintă simbolul grafic al unui vector de conexiune. Termenul **Connection** în schimb e ceva mai maleabil, în funcție de context având fie semnificația de vector de conexiune, fie de apartenență a unui pin la un arbore de conexiune

- **Decal** = reguli aplicabile tuturor amprentelor de cablaj de un anumit tip
- **Component** = reguli aplicabile la nivel de componentă

În funcție de domeniul de aplicabilitate selectat vor fi disponibile mai multe sau mai puține reguli; situația cea mai generală este cea a regulilor implicite (*default*), fereastra de configurare a acestora fiind reprodusă în figura de mai jos:



Cele mai importante reguli sunt cele de lățime / spațiere a traseelor, grupate în categoria **Clearance**:



Regulile ce pot fi impuse în această fereastră sunt:

- **Trace width** = lățimile traseelor conductoare
- **Clearance** = spațierile dintre diferite categorii de elemente de proiectare (trasee, via, paduri, etc)
- **Same net** = spațierile dintre diferite categorii de elemente de proiectare aparținând aceluiași arbore de conexiune
- **Drill to drill** = spațierile dintre găuri
- **Body to body** = spațierile dintre componente

Celelalte reguli de proiectare fac apel la noțiuni de tehnologie electronică și integritate a semnalelor a căror însușire depășește ambițiile acestui document, astfel încât prezentarea regulilor se va încheia aici. Dealtfel interfața de configurare a acestora este suficient de explicită pentru a nu necesita lămuriri suplimentare ...

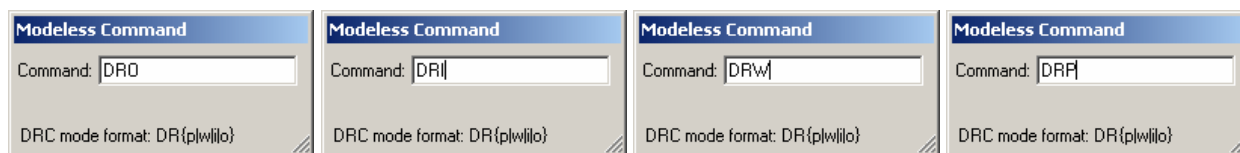
VERIFICAREA REGULILOR DE PROIECTARE (DRC)

Verificarea regulilor de proiectare (**Design Rules Check**) se poate face fie în timpul proiectării (*on-line*), pentru a preveni efectuarea operațiilor ce ar avea ca efect încălcarea acestora, fie *off-line*, printr-o operație distinctă, uzual după finalizarea proiectului. Verificarea *on-line* consumă resurse de calcul astfel încât este limitată la un număr restrâns de reguli, în timp ce verificarea *off-line* este detaliată și include mai multe aspecte decât respectarea regulilor configurate de proiectant, cum ar fi aspecte de proiectare pentru fabricare (DFF) sau proiectare pentru testare (DFT)

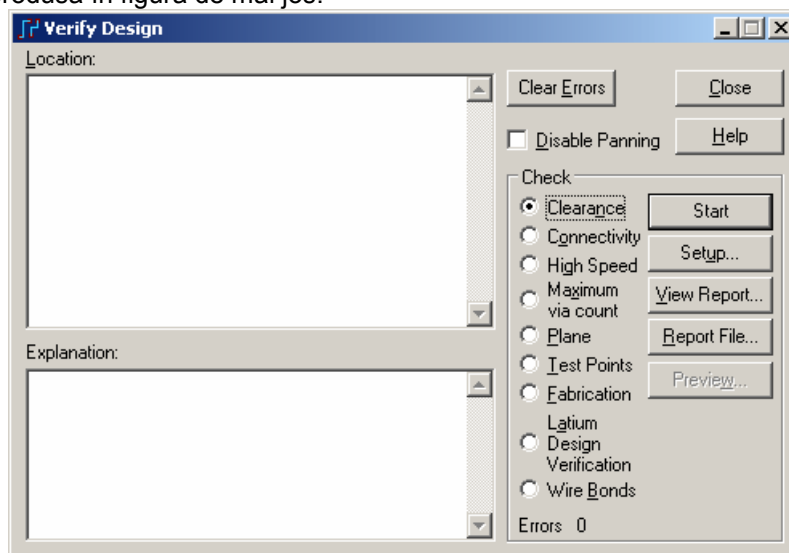
Verificarea on-line: presupune verificarea respectării regulilor impuse de proiectant simultan cu efectuarea operațiilor de plasare și trasare. Modulul on-line DRC poate opera în următoarele moduri:

- **DRO (DRC Off)** = dezactivat. Nu se verifică nici o regulă iar plasarea și trasarea se pot realiza oricum (inclusiv cu scurt-circuite spre exemplu ...). În acest mod trasarea conexiunilor este limitată la trasarea manuală, modulele de trasare asistată fiind dezactivate (vezi [trasarea conexiunilor](#))
- **DRI (DRC Ignore)** = DRC activat însă cu ignorarea regulilor de spațiere
- **DRW (DRC Warn)** = DRC activat însă încălcarea regulilor este permisă, generându-se doar avertismente
- **DRP (DRC Prevent)** = DRC activat și complet funcțional, încălcarea regulilor nefiind permisă.

Selectarea modului de operare DRC se realizează introducând una dintre comenzile "DRO", "DRI", "DRW" sau "DRP" direct de la tastatură (*modeless commands*):



Verificarea off-line: se realizează prin comanda de meniu **Tools → Verify Design**, utilizând fereastra reprodusă în figura de mai jos:



Se pot verifica reguli de lățime / spațiere (**Clearance**), conectivitate (**Connectivity**), testabilitate (**Test Points**), fabricare (**Fabrication**), etc. După efectuarea verificării (butonul **Start**) vor fi afișate toate încălcările de reguli depistate, iar pe foaia de lucru vor fi marcate locațiile de eroare. Atâta timp cât caseta de validare **Disable Panning** nu este activată, selectarea unei erori din listă are ca efect centrarea imaginii prezentată pe foaia de lucru la locația de eroare în cauză. Indicatorii de eroare se șterg cu butonul **Clear Errors**.



Cu excepția regulilor de conectivitate, verificarea tuturor celorlalte se aplică doar zonei proiectului PCB vizibilă pe foaia de lucru; pentru a verifica întregul proiect trebuie ca acesta să fie în întregime vizibil (tasta Home !)



[Cum se configurează și verifică regulile de proiectare](#)

PLASAREA COMPONENTELOR

Procesul de plasare a componentelor are un efect decisiv asupra calității cablajului imprimat, întrucât afectează toate etapele ulterioare de proiectare / fabricare / asamblare / testare. Obiectivele procesului de plasare pot fi rezumate astfel:

1. **Poziționarea fiecărei componente în interiorul conturului plăcii**
2. **Eliminarea oricăror suprapuneri între componente (ținând cont și de toleranțele de fabricare și poziționare)**
3. **Facilitarea operației de trasare a conexiunilor, cu minimizarea lungimilor acestora**
4. **Respectarea restricțiilor legate de compatibilitatea electromagnetică, integritatea semnalelor și disiparea termică a căldurii degajate în funcționare**
5. **Respectarea restricțiilor mecanice (găuri de prindere, elemente de interfață, etc.)**
6. **Asigurarea accesibilității pentru acționarea elementelor de reglare, plasarea componentelor și testarea plăcii**

Pentru îndeplinirea acestor obiective, PADS Logic pune la dispoziția proiectantului o serie de instrumente de asistare a procesului de plasare interactivă a componentelor. În continuare vor fi discutate cele mai importante dintre acestea:

➤ DISPERSIA COMPONENTELOR

După transferul listei de conexiuni din schema electronică, toate componentele vor fi plasate pe aceeași poziție (suprapuse). Dispersia acestora are ca efect poziționarea pe grilă fără suprapuneri (însă fără respectarea niciunui criteriu legat de conectivitate, restricții mecanice sau electrice, etc). Utilitatea dispersiei se rezumă la eliminarea suprapunerilor pentru a facilita identificarea și re poziționarea componentelor.

Dispersia se poate aplica tuturor componentelor, utilizând opțiunea de meniu **Tools → Disperse Components**, sau doar componentelor selectate, utilizând comanda **Click dreapta → Disperse**.

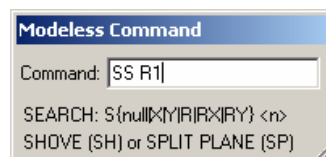
➤ IDENTIFICAREA COMPONENTELOR

Componentele pot fi identificate în trei moduri:

1. Prin selecția în schema electronică (selecția se va transfera și în PADS Layout dacă cele două editoare sunt conectate – vezi [Transferuri ECO](#))
2. Prin căutarea pe panoul de navigare (*Project Explorer*)
3. Utilizând comenzile de căutare introduse direct din tastatură:

S <nume_componentă> (Search) → cursorul va fi poziționat deasupra componentei

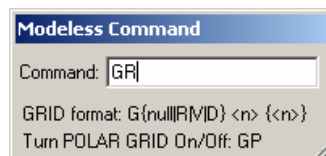
SS <nume_componentă> (Search & Select) → cursorul va fi poziționat deasupra componentei și aceasta va fi selectată



➤ PLASAREA PE GRILĂ

Grila de plasare reprezintă o rețea rectangulară fictivă ce restricționează poziționarea componentelor în nodurile acesteia. Utilizarea grilei este critică pentru alinierea componentelor, fiind de dorit ca pasul acesteia să fie un multiplu al distanțelor dintre terminalele circuitelor integrate (uzual 1,27 mm pentru componentele SMD și 2,54 mm pentru componentele THD).

Grila de plasare poartă numele de **Design Grid** și poate fi modificată introducând direct din tastatură comanda **GR** urmată de pasul de grilă pe axa OX și, opțional pasul de grilă pe axa OY.



Cu comanda G <x> [<y>] se modifică grila generică a proiectului, inclusiv cea de plasare. Dacă doriți modificarea doar a acesteia, utilizați comanda GR

Poziționarea pe grilă este afectată de originea sistemului de coordonate, ce poate fi modificată utilizând comanda de meniu **Setup → Set Origin**. Dacă înainte de aplicarea acestei comenzi se selectează un obiect, originea sistemului de coordonate va fi stabilită pe poziția acestuia; dacă înainte de aplicarea comenzii nu e nimic selectat, originea va fi stabilită printr-un *click* cu butonul din stânga al mouse-ului.

➤ **DEPLASAREA LINIARĂ**

Cea mai frecvent utilizată operație de plasare a componentelor este deplasarea liniară (în coordonate carteziane). Aceasta se inițiază selectând una sau mai multe componente și utilizând comanda **Click dreapta → Move** (sau direct prin *Drag & Drop*) și este restricționată de pasul de grilă.

Pe durata deplasării componentelor, punctul din care acestea sunt atașate de cursorul mouse-ului poate fi:

- Poziția cursorului mouse-ului în momentul inițierii comenzii de deplasare (**Cursor Location**)
- Originea sistemului de coordonate utilizat la editarea amprentei de cablaj (**Origin**)
- Centrul de simetrie al componentei (**MidPoint**)

Selecția acestuia se realizează pe durata deplasării utilizând meniul activat cu butonul din dreapta al mouse-ului.

Dacă de componenta (componentele) care se deplasează sunt atașate trasee conductoare, acestea vor fi retrase în limitele spațiului disponibil. Complexitatea acestui instrument (*stretch*) este redusă și se limitează la modificări locale; dacă repositionarea componentei necesită modificări radicale ale topologiei de interconectare este preferabilă detașarea prealabilă a conexiunilor (**Click dreapta → Unroute Attached Segments**)

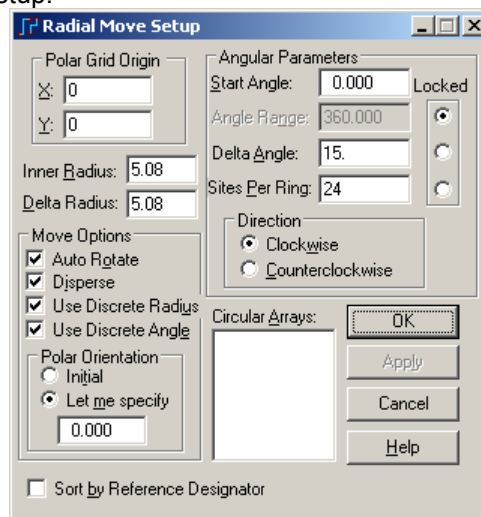
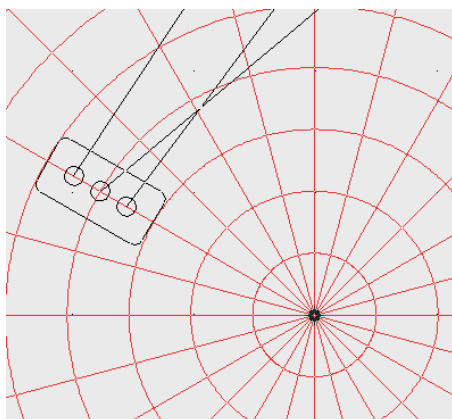
➤ **DEPLASAREA SECVENȚIALĂ**

Deplasarea secvențială constă în deplasarea liniară a tuturor componentelor selectate, însă nu simultan ci una câte una. Toate observațiile prezentate la deplasarea liniară sunt valabile și pentru cea secvențială.

➤ **DEPLASAREA RADIALĂ**

Deplasarea radială este o variantă particulară de repositionare a componentelor ce utilizează, spre deosebire de deplasarea liniară, sistemul de coordonate polare. Toate considerentele prezentate la deplasarea liniară sunt valabile și în situația celei radiale.

Deplasarea radială se inițiază utilizând comanda **Click dreapta → Radial Move**; pe durata acestei operații va fi reprezentată grila radială, configurabilă utilizând comanda de meniu **Tool → Options**, tab-ul **Grids**, butonul **Radial Move Setup**.



➤ **ROTIREA**

Rotirea în planul XOY a componentei, în jurul centrului de simetrie, se realizează utilizând comanda **Click dreapta → Spin**. Spre deosebire de deplasarea radială, rotirea păstrează poziția componentei și utilizează grila rectangulară.

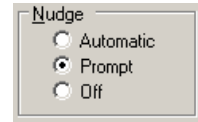
➤ **PLASAREA PE PARTEA OPUSĂ**

Utilizând comanda *Click dreapta* → *Flip Side*, componentele selectate vor fi amplasate pe partea opusă a plăcii (*Top* ↔ *Bottom*)

➤ **REPOZIȚIONAREA DINAMICĂ**

În urma repoziționării sau reorientării e posibil să se ajungă în situația în care noua configurație va genera suprapuneri de componente. Acestea pot fi corectate automat de către program printr-un instrument de repoziționarea dinamică a componentelor din vecinătatea celei asupra căreia s-a operat (*Nudge*).

Repoziționarea dinamică poate fi realizată automat sau manual, în funcție de selecția realizată în tab-ul Design al ferestrei de configurare a programului (*Setup* → *Options*). Cele trei opțiuni sunt:



- **Automat:** dacă spațiul o permite se repoziționează dinamic componentele din vecinătate, iar în caz contrar se afișează un mesaj
- **Prompt:** se solicită confirmarea acțiunii de către utilizator
- **Off:** repoziționarea dinamică este inactivă. Dacă modulul DRC este configurat în modul Prevent, poziționarea componentelor va fi interzisă dacă generează suprapuneri.

Dacă repoziționarea dinamică este dezactivată pe durata amplasării, aceasta poate fi solicitată manual, selectând componenta a cărei poziție se dorește a fi păstrată și utilizând comanda *Click dreapta* → *Nudge*.



[Cum se identifică, deplasează și orientează componentele](#)

➤ **GRUPAREA**

Pentru facilitarea operației de plasare, componentele pot fi grupate în:

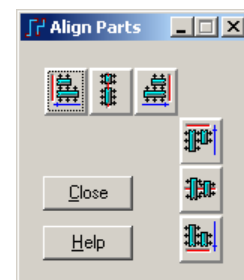
- **Uniuni (Union)** = asocieri de componente pentru care se păstrează poziționările relative. Spre exemplu după poziționarea unui condensator de decuplare lângă un circuit integrat cele două componente pot forma o uniune, prin urmare deplasarea circuitului va avea ca efect deplasarea condensatorului astfel încât pozițiile relative ale celor două să rămână nemodificate
- **Blocuri (Cluster)** = asocieri de componente ce trebuie amplasate grupat, fără restricții în ceea ce privește pozițiile relative. Definirea de blocuri este utilă în special în situațiile în care se utilizează amplasarea automată, pentru a forța gruparea componentelor în blocuri funcționale. Spre exemplu definirea unui bloc ce conține toate componentele circuitului de alimentare va solicita procesorului de poziționare automată să amplaseze aceste componente grupat, fără însă a impune poziționări relative între acestea.

Gruparea componentelor se realizează după selectarea acestora utilizând comenzile *Click dreapta* → *Create Union* sau *Click dreapta* → *Create Cluster*.

➤ **ALINIAREA**

Componentele pot fi aliniate atât pe direcție orizontală cât și verticală, prin selecția acestora și utilizarea comenzii *Click dreapta* → *Align*. Fereastra de configurare a operației de aliniere, reprodusă în figura alăturată, permite specificarea axei de aliniere.

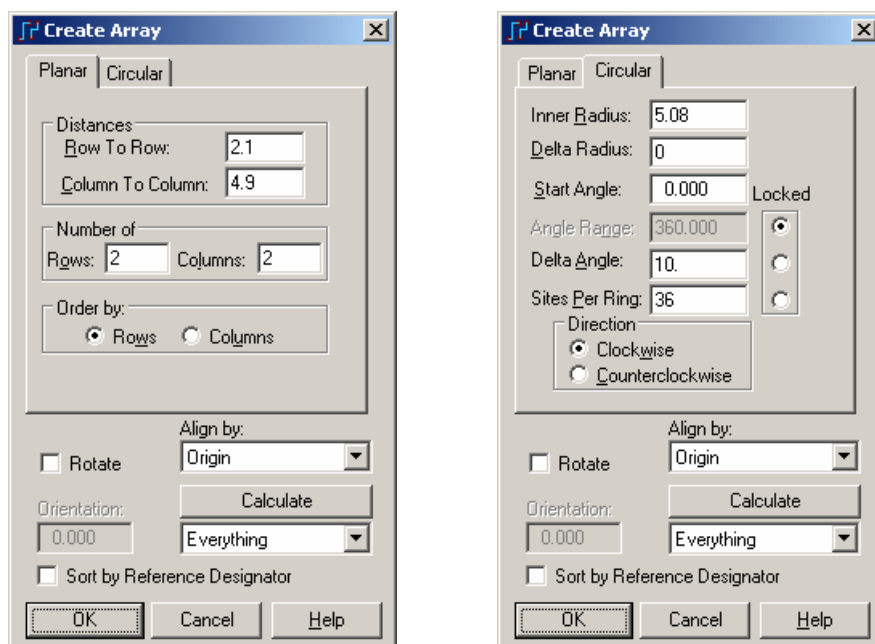
Alinierea automată se raportează la cel mai mic dreptunghi care încadrează complet componenta. Alternativ, alinierea componentelor se poate realiza utilizând ca referință pini ai acestora, situație în care, înainte de aplicarea comenzii *Align*, vor trebui selectați pinii în cauză în locul componentelor.



Alinierea automată se realizează față de ultima componentă selectată, a cărei poziție va rămâne nemodificată.

➤ **POZIȚIONAREA MATRICIALĂ**

Instrumentul de poziționare matricială are ca rezultat plasarea echidistantă și alinierea unui set de componente. Pentru utilizarea acestuia trebuie selectate componentele și aplicată comanda [Click dreapta → Create Array](#).

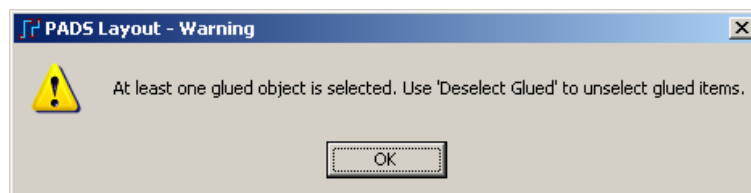


Componentele pot fi poziționate pe o grilă rectangulară (în coordonate carteziene) – opțiunea [Planar](#), sau pe o grilă circulară (în coordonate polare) – opțiunea [Circular](#). Alinierea se poate realiza după originea sistemului de coordonate (utilizat la definirea în bibliotecă a ampretei de cablaj) sau după centrul de simetrie al componentei; opțional componentele pot fi rotite la un unghi specificat.

➤ **FIXAREA COMPONENTELOR**

Anumite componente trebuie să aibă poziții prestabilite pe placa de circuit imprimat, de cele mai multe ori datorită unor restricții mecanice legate de montarea plăcii într-o carcasă (găuri de prindere, elemente de reglaj, etc). După poziționarea corectă a acestora, pentru a evita deplasarea accidentală ulterioară, se poate activa opțiunea de fixare: [Click dreapta → Properties → Glued](#).

Componentele fixate reprezintă o categorie distinctă în filtrul de selecție (Glued Parts), astfel încât implicit nu sunt selectabile. Încercarea de a deplasa o astfel de componentă va avea drept efect afișarea mesajului reprodus în figura de mai jos; singura posibilitate de a repositiona o componentă fixată este deselectarea opțiunii Glued.



[Cum se grupează și aliniază componentele](#)

TRASAREA CONEXIUNILOR





Trasarea conexiunilor (cuvântul “rutare” folosit uneori pentru a descrie această operație nu există în limba română ...) are drept obiectiv determinarea, pentru fiecare pereche de pini aparținând aceluiași arbore de conexiune, a unei căi continue de circulație a curentului formate din trasee conductoare și via. Operația poate fi realizată manual, interactiv sau complet automat, prima variantă fiind cea mai laborioasă iar ultima cea mai rapidă însă uzual cea mai puțin performantă.



Algoritmii de trasare automată a conexiunilor (“autoroute”) sunt simple instrumente matematice, incapabile să înlocuiască proiectantul uman, a căror utilitate trebuie restrânsă la furnizarea unor sugestii.

➤ MODURI DE TRASARE

PADS Layout oferă trei moduri de trasare a conexiunilor, diferențiate prin gradul de interacțiune cu algoritmii de trasare automată. Acestea sunt:

1. **Trasarea manuală (Basic Route):** fiecare segment conductor este plasat în mod explicit de către proiectant. Trasarea manuală se inițiază utilizând butonul  de pe bara instrumentelor de proiectare (sau selectând un pad sau traseu și apăsând tasta **F2**), după care fiecare apăsare a butonului din stânga al mouse-ului determină poziționarea unui capăt al unui segment conductor. Un traseu se încheie în mod automat în momentul în care s-a ajuns într-un pad sau traseu aparținând aceluiași arbore de conexiune, însă pentru ieșirea din acest mod de proiectare trebuie activat modul “Selecție” (butonul 
2. **Trasarea dinamică (Dynamic Route):** segmentele conductoare sunt plasate automat de către program, pe calea indicată de proiectant cu cursorul mouse-ului. Trasarea dinamică se inițiază cu butonul  de pe bara instrumentelor de proiectare (sau selectând un pad sau traseu și apăsând tasta **F3**) și se încheie printr-un *click* cu butonul din stânga al mouse-ului în punctul final al conexiunii, după care programul va fixa segmentele (vizibile și pe durata trasării însă provizorii până la încheierea operației). La fel ca și în cazul trasării manuale, ieșirea din acest mod de proiectare se realizează prin trecerea în modul “Selecție”
3. **Trasarea automată (Auto Route):** segmentele conductoare sunt plasate automat pe calea cea mai scurtă determinată de program, fără intervenția proiectantului. Trasarea automată se inițiază cu butonul  de pe bara instrumentelor de proiectare (sau selectând un pad sau traseu și apăsând tasta **F7**), însă face parte din suita de instrumente de proiectare interactivă astfel încât eficiența este limitată la conexiuni fără obstacole

Indiferent de modul de trasare utilizat, interconectarea se va realiza pe nivelul de proiectare activ, cu condiția ca acesta să fie un nivel electric (în caz contrar se va trasa pe nivelul Top). Pentru schimbarea rapidă a nivelului electric activ, se poate utiliza tasta **F4**. Lățimea traseelor este cea specificată în regulile de proiectare, sau poate fi modificată utilizând comanda **W** urmată de valoarea dorită, introduse direct de la tastatură.

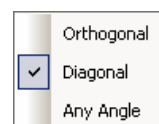


Trasarea dinamică și cea automată sunt utilizabile doar în modul DRP (DRC = Prevent).

➤ RESTRICȚIONAREA UNGHIURILOR

Trasarea se realizează cu restricționarea unghiurilor dintre segmentele conductoare într-unul dintre modurile:

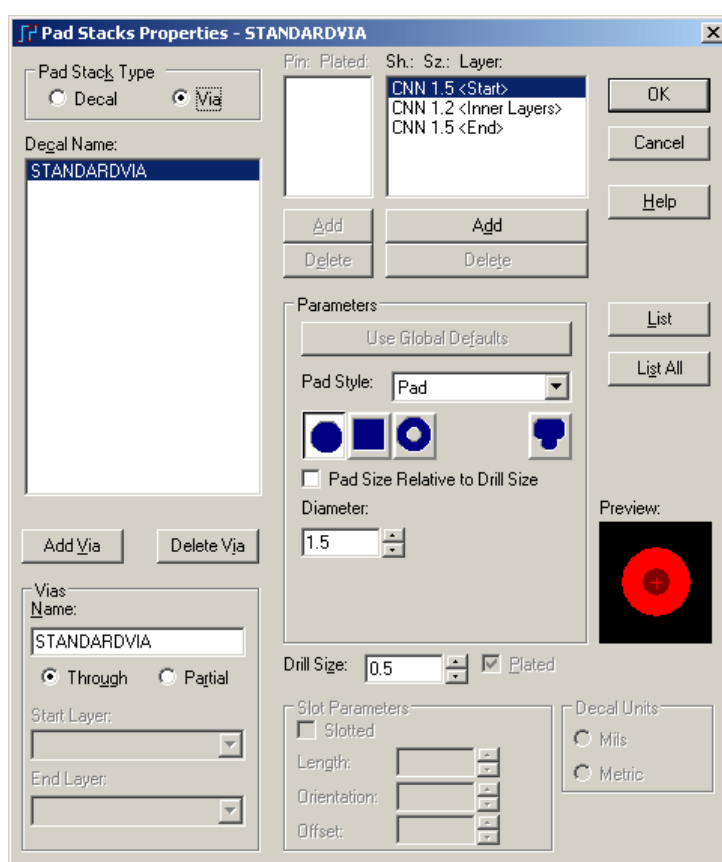
- **Ortogonal** → doar unghiuri de 90°
- **Diagonal** → doar unghiuri de 45° sau 90°
- **Nerestricționat (Any Angle)** → orice unghi



Restricționarea unghiurilor se poate realiza fie în timpul trasării, utilizând comanda [Click dreapta](#) → [Angle Mode](#), fie introducând la tastatură una dintre comenzile **AO**, **AD** sau **AA**. Trasarea dinamică utilizează modul diagonal, indiferent de configurarea proiectantului.

➤ GĂURI DE TRECERE

La proiectarea cablajelor imprimate cu cel puțin două niveluri de interconectare (dublustratificate sau multistratificate), pentru realizarea conexiunilor pe verticală se utilizează găuri de trecere metalizate, denumite [via](#). Fiecare proiect PCB utilizează un set prestabilit de găuri de trecere, configurabil utilizând comanda de meniu [Setup](#) → [Pad Stacks](#) în fereastra reprodusă în figura de mai jos:



Selectând în câmpul Pad Stack Type opțiunea Via se poate configura setul de găuri de trecere utilizat. Plasarea de via în timpul trasării (și implicit schimbarea nivelului de interconectare) se realizează utilizând combinația **SHIFT + Click**. Pentru a selecta altă via în timpul trasării se poate utiliza comanda [Click dreapta](#) → [Via Type](#).

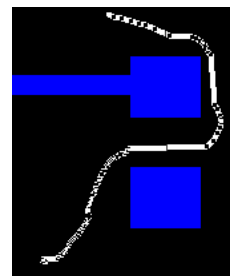


[Cum se trasează conexiunile](#)

➤ **AJUSTAREA TRASEELOR**

De cele mai multe ori operația de trasare necesită o etapă de finisare, în care se caută soluții alternative de conducere a traseelor, fie pentru a minimiza lungimile conexiunilor fie pentru eliberarea spațiului pentru acomodarea altor conexiuni. În această etapă sunt utile o serie de instrumente de ajustare, dintre care trebuie amintite:

- **Deplasarea (Move)**, cu *Click Dreapta* → *Move*, **CTRL+E** sau direct cu mouse-ul (*drag & drop*). În urma deplasării segmentelor dimensiunea acestora rămâne nemodificată însă se modifică lungimile segmentelor din vecinătate, menținând restricția referitoare la unghiurile dintre trasee.
- **Redimensionarea segmentelor (Stretch)**, *Click Dreapta* → *Stretch*. În urma redimensionării se deplasează segmentul cu modificarea lungimii acestuia (menținând restricția unghiulară) însă fără a se modifica dimensiunile segmentelor adiacente.
- **Secționarea segmentelor (Split, Add Corner)**: ambele comenzi de secționare se găsesc în meniul activat cu click dreapta, diferența dintre acestea constând în faptul că comanda “Split” secționează și intercalează un nou segment în timp ce “Add Corner” doar secționează
- **Netezirea traseelor (Smooth)**, cu *Click Dreapta* → *Smooth*, are ca efect eliminarea și redimensionarea automată a segmentelor ce măresc lungimea conexiunii selectate mai mult decât este necesar pentru ocolirea obstacolelor
- **Retrasarea schematică (Sketch Route)**: se inițiază cu *Click Dreapta* → *Sketch Route* sau cu butonul  de pe bara de instrumente de proiectare. În acest mod de lucru se retrasează automat conexiunea parțială dintre două segmente (sau un segment și un terminal) urmărind calea schițată cu cursorul mouse-ului. Calea de retrasare este reprezentată inițial punctat, iar după apăsarea butonului din stânga al mouse-ului programul va încerca conducerea traseelor pe noua traiectorie.



În urma retrăsării schematice a unei conexiuni este interzisă creșterea lungimii Manhattan a acesteia (Traducere: retrasarea schematică a conexiunii dintre două paduri limitează poziționarea traseului în interiorul dreptunghiului definit de cele două paduri)

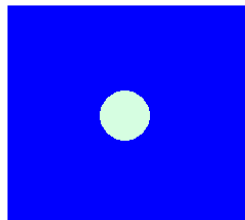


[Cum se ajustează conexiunile trasate](#)

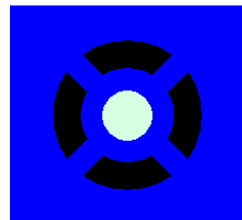
PLANURI DE ALIMENTARE

Planurile de alimentare sunt suprafețe din Cupru cvasi-continue¹ plasate pe un nivel electric de suprafață sau îngropat și conectate la unul dintre arborii de alimentare (tensiune pozitivă, tensiune negativă sau masă²). Planurile de alimentare au efecte benefice asupra celor mai multe dintre problemele de integritate a semnalelor ce se manifestă la nivelul cablajelor imprimate (cuplaje parazite, interferențe electromagnetice, decuplarea surselor de alimentare, reflexii, etc.), astfel încât e recomandată utilizarea lor de fiecare dată când e posibil.

În pofida avantajelor de natură electrică (și chiar termică !) datorate planurilor de alimentare, acestea au și un dezavantaj legat de procesul de lipire: conectarea padurilor la planuri prin continuitate are ca efect disiparea termică a căldurii dezvoltate la lipire, ceea ce conduce la apariția lipiturilor reci sau chiar împiedică în totalitate procesul de topire a aliajului de lipire. Din acest motiv padurile se conectează la paduri astfel încât să se minimizeze cuplajul termic, cel mai frecvent prin intermediul a patru trasee conductoare ce parcurg o zonă de separație (**paduri termice**)









Conectare pad-plan prin continuitate



Pad termic

PADS oferă trei posibilități de a defini planuri:

1. **Zone de cupru (Copper)** = suprafață continuă de Cupru plasată pe un nivel general de interconectare. Acestea nu admit paduri termice și nu generează zone de izolație la suprapunerea cu alte trasee / paduri, fiind destinate în principal definirii conexiunilor de curenți mari, nu a planurilor de alimentare. Zonele de cupru se definesc utilizând butonul  de pe bara de instrumente de desenare
2. **Plan de cupru (Copper Pour)** = plan de alimentare plasat pe un nivel general de interconectare (**no plane**). Planurile de alimentare utilizează paduri termice și generează zone de izolație la suprapunerea cu trasee / paduri aparținând altor arborii de interconectare. Această categorie de planuri se definesc utilizând butonul  de pe bara de instrumente de desenare.
3. **Plan mixt (Plane)** = plan de alimentare similar cu *copper pour*, cu diferența că e plasat pe un nivel dedicat planurilor mixte (**Split / Mixed**). Acestea se definesc utilizând butonul .

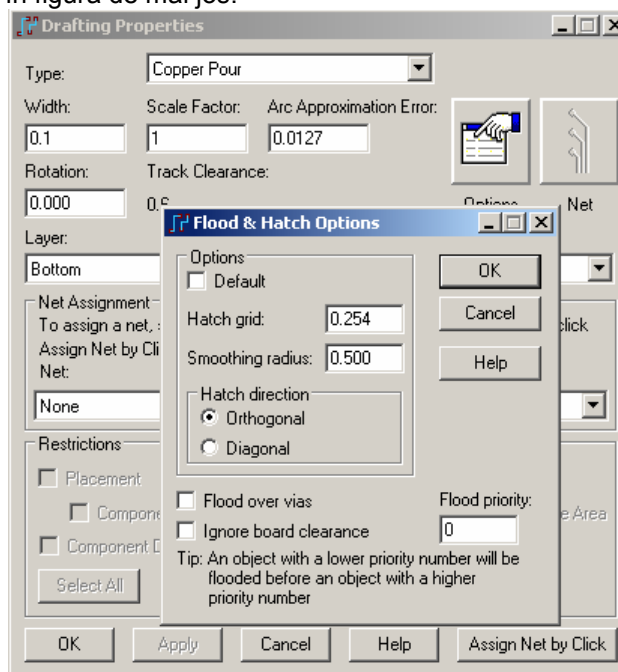
Pentru toate cele trei categorii de suprafețe de Cupru se pot defini zone de întrerupere a acestora (**cutout**), utilizând butoanele , , respectiv .

Planurile de alimentare pentru care se generează paduri termice și zone de separație (*copper pour* și *plane*) necesită o etapă de procesare, în urma căreia se analizează intersecțiile cu elementele de proiectare plasate pe același nivel, astfel încât nu sunt complet definite prin simpla desenare a unui contur. Procesarea planurilor se poate realiza prin umplere (**flood**) sau prin hașură (**hatch**), utilizând comanda de meniu **Tools → Pour Manager**.

¹ În mod ideal planurile de alimentare sunt continue. În realitate însă acestea sunt întrerupte de găurile de trecere (situația fericită) și uneori și de trasee de interconectare (situația nefericită !). Cu cât este mai frecvent întrerupt însă, cu atât mai puțin eficient planul

² În curent alternativ sursele de alimentare se consideră scurtcircuitate

Configurarea hașurii se realizează editând proprietățile conturului de hașură, în fereastra reprodusă în figura de mai jos.

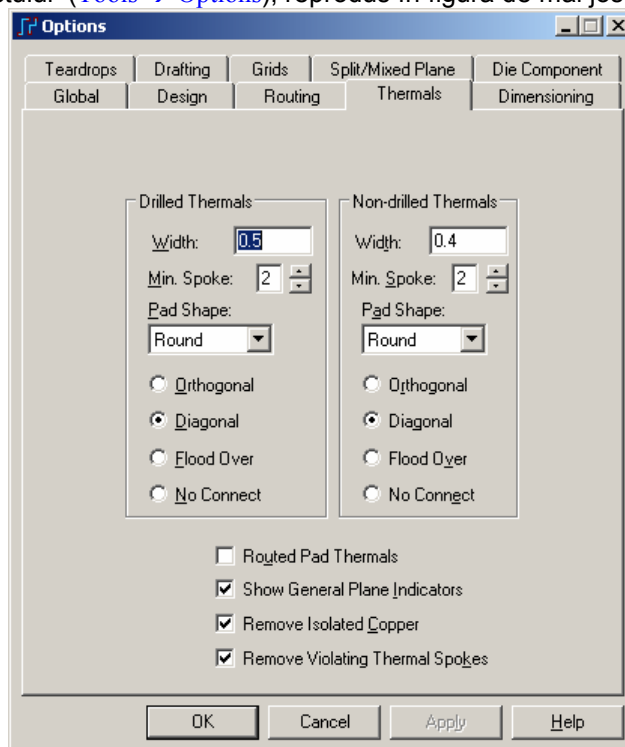


Pentru hașură este necesară definirea grosimii liniilor (**Width**), a spațierii dintre acestea (**Hatch grid**) și a direcției de hașurare (**Hatch direction**)



Pentru nivelurile electrice destinate unui singur plan de alimentare (CAM Plane) nu este necesară nici o altă definire. Acestea vor fi procesate automat la generarea fișierelor de fabricație (CAM)

Pentru configurarea padurilor termice se utilizează tab-ul **Thermals** din fereastra de configurare a proiectului (**Tools → Options**), reprodus în figura de mai jos:



[Cum se definesc planurile de alimentare](#)

FIȘIERE DE FABRICAȚIE. DOCUMENTAREA PROIECTULUI

Finalizarea oricărui proiect PCB necesită:

- Verificarea regulilor de proiectare (vezi [DRC](#))
 - Generarea fișierelor de fabricație (**CAM** = *Computer Aided Manufacturing*)
 - Documentarea proiectului
- Ultimele două operații se realizează utilizând opțiunea de meniu [File → CAM](#).

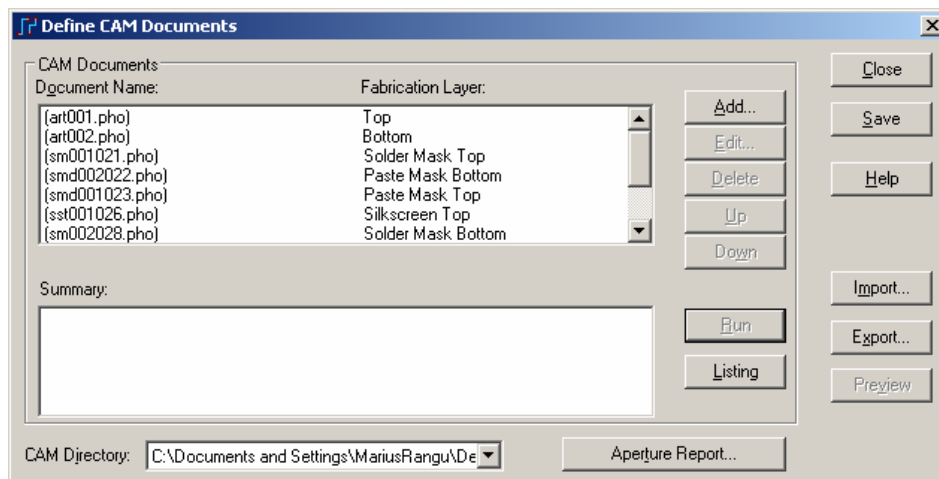
FIȘIERE DE FABRICAȚIE

Fișierele de fabricație sunt fișiere ASCII într-un format standardizat prin intermediul cărora se realizează transferul proiectelor către fabricanții de cablaje imprimate. În mod evident aceștia nu au nici un interes în utiliza (și mai ales achiziționa) toate programele CAD utilizate de diferiți clienți, astfel încât metoda fișierelor de fabricație este în mod universal singura metodă de transfer acceptată de producătorii de circuite imprimate.

Se utilizează două categorii de fișiere de fabricație:

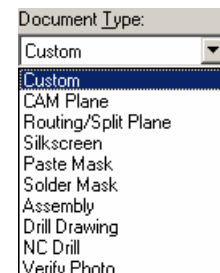
- **Fișiere Gerber** (după numele companiei care a lansat pe piață unul dintre primele fotoplottere pentru generarea filmelor de expunere și care a propus formatul de fișier). Fiecare fișier Gerber conține informații despre un singur nivel de proiectare (*Top*, *Bottom*, *Silkscreen Top*, etc), astfel încât sunt necesare mai multe astfel de fișiere, inclusiv unul dedicat conturului de tăiere a plăcii.
- **Fișiere de găurire** (NC Drill sau Excellon - după numele companiei care a lansat pe piață una dintre primele mașini de găurit comandate numeric și a propus formatul de fișier), care conțin coordonatele și dimensiunile tuturor găurilor ce trebuie efectuate în placă.

Pentru generarea fiecărui fișier de fabricație trebuie adăugat în document în fereastra de configurare CAM reproducă în figura de mai jos:



Adăugarea unui nou fișier de fabricație se realizează utilizând butonul [Add](#) și selectând în câmpul *Output Device* categoria [Photo](#). Semnificațiile principalelor câmpurilor de configurare sunt următoarele:

- [Document Name](#) = numele configurării de fișier CAM (utilizat doar de PADS)
- [Output file](#) = numele fișierului CAM (cum va fi salvat pe disc)
- [Document Type](#) = tipul fișierului CAM, cu opțiunile prezentate în figura alăturată



Cu butonul **Layers** se configurează nivelurile și categoriile de obiecte incluse în fișierul de fabricație, cu butonul **Options** pot fi specificate opțiuni de scalare și poziționare a desenului pe film iar cu butonul **Preview** poate fi vizualizat grafic conținutul fișierului.



Imaginea rezultată în urma vizualizării unui fișier de fabricație (Preview) reprezintă criteriul ultim de verificare a proiectului – în urma fabricării se va obține exact ceea ce conțin fișierele CAM. Utilizați această facilitate !!!



PADS oferă o flexibilitate deosebită (de oferta altor aplicații CAD) în ceea ce privește generarea fișierelor de fabricație, datorită posibilității de a redefini semnificațiile fizice ale nivelurilor de proiectare la generarea fișierelor CAM și chiar de a rafina selecția în funcție de categoriile de elemente (Layers). Această flexibilitate atrage după sine și libertatea de a greși, așa încât, din nou, verificați-vă prin vizualizarea fișierelor de fabricație !

După configurarea tuturor fișierelor de fabricație necesare, generarea acestora (la locația specificată în câmpul **CAM Directory**) se realizează selectându-le și apăsând butonul **Run**. Cu butonul **Listing** se poate genera un raport al fișierelor de fabricație.



[Cum se generează fișierele de fabricație](#)

CONFIGURĂRI DE LISTARE

Configurările de listare sunt similare configurărilor de fișiere CAM, cu diferența că nu sunt destinate fotoploterelor (Photo) sau mașinilor de găurit (Drill), ci imprimantelor (**Print**). Conținutul fiecărei configurări de listare se poate particulariza utilizând butonul **Layers**, sau se pot utiliza următoarele configurări predefinite:

- **Assembly** = desene de asamblare
- **Drill Drawing** = desene de găurire. Acestea conțin simboluri grafice pentru fiecare dimensiune de gaură și o legendă, configurarea acestora realizându-se utilizând succesiunea **Edit → Options → Drill Symbols**, în fereastra reprodusă în figura de alăturată.

La fel ca în cazul fișierelor CAM, pentru listarea documentelor configurate este necesară apăsarea butonului **Run**.

Drill Drawing Options

Drill chart

☒ Draw chart

Letter height: 3.048 Chart line width: 0.254 Location: X: 45 Y: -50

OK Cancel Help

Drill data

Drill symbol markers

Tip: These are global settings. You cannot set them per symbol.

Height(letter): 1.27 Line width: 0.25 Height(symbol): 2

Drill size units: Metric Default tolerance: +/-0.0

Click Regenerate to automatically read drill data from the design. Then set the symbol and tolerance. You cannot change the size, quantity or plated status.

Click Augment to update an existing table with data from the design.

Click Add Plated or Add NonPlated to manually add a new drill size.

Symbol	Size	Quantity	Plated	Tolerance
+	4	4	Yes	+/-0.0
x	1	44	Yes	+/-0.0
Hour Glass	0.5	0	Yes	+/-0.0 -> VIA !!!
Diamond	0.8	3	Yes	+/-0.0
Rectangle	6	2	Yes	+/-0.0

Add Plated Add NonPlated Delete Augment Regenerate

Tip: Click the column headings on the Size, Quantity or Plated columns to sort the table in the desired order

Tip: Use the Save As Defaults button to save the current settings as the defaults for all the CAM documents of the Drill Drawing type.

Save As Defaults



[Cum se documentează proiectul PCB](#)