

Realizarea structurii de interconectare

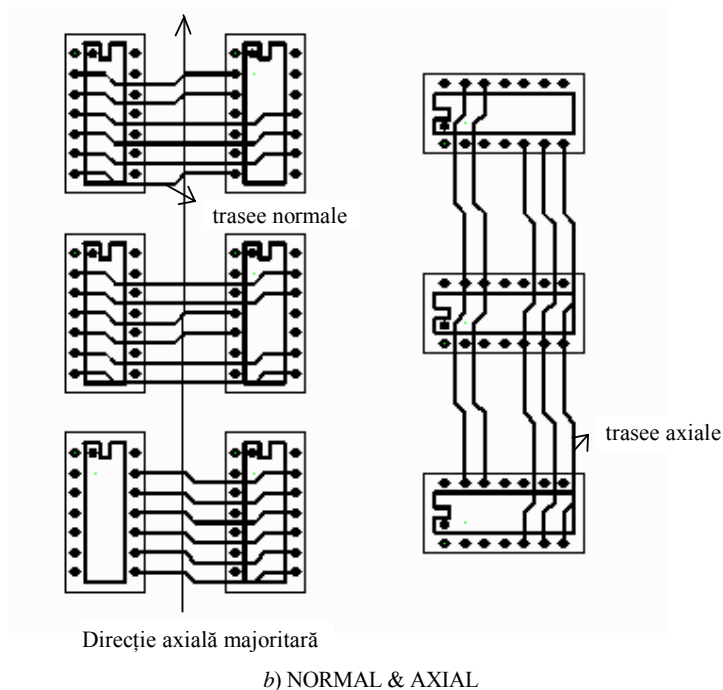


Fig. 3.1 Rutări diverse utilizând strategia MEMORY

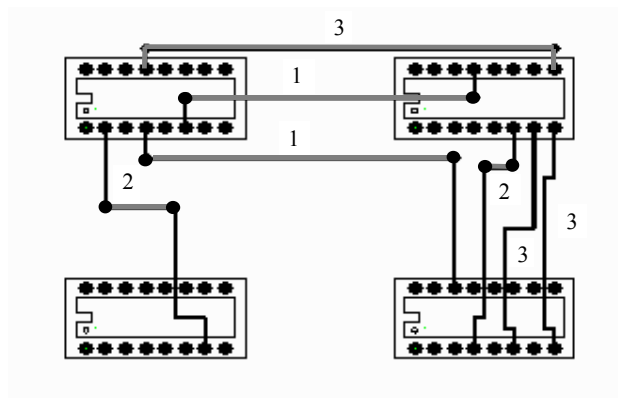


Fig. 3.2 Rutări diverse utilizând strategia ORTHOGONAL

⇒ Rutarea plăcii de circuit imprimat

În fluxul de proiectare a circuitului imprimat, după operația de plasare a componentelor intervine operația de realizare efectivă a structurii de interconectare, operație numită și rutare. Prin rutare înțelegem transformarea conexiunilor în trasee (segmente) de cupru (track, route). La realizarea rutelor trebuie urmărite câteva principii care îmbină cerințele de proiectare electrică cu cele tehnologice, aceste aspecte fiind uneori contradictorii:

- ◆ Ruta trebuie să asigure conectarea pe cel mai scurt drum între componente. De multe ori , conectarea pe cel mai scurt drum nu este posibilă din cauza “obstacolelor” aflate în calea rutelor și atunci se recurge la strategia introducerii găurilor de trecere pentru a transfera ruta pe alt strat unde există spațiu corespunzător. Din motive tehnologice și electrice se caută să se minimizeze numărul găurilor de trecere. Dimensiunile găurilor de trecere trebuie corelate cu tehnologia de realizare și cu tipul de semnal electric care va trece prin ele.
- ◆ Lățimea traseelor trebuie să fie cât mai mare pentru a avea o rezistență scăzută.
- ◆ Lățimea traseelor trebuie să fie cât mai mică pentru a avea destul spațiu care să permită ducerea tuturor traseelor inclusiv “strecurarea” printre padurile componentelor. Lățimea traseelor se alege și în conformitate cu intensitatea curentului electric care le va străbate. De obicei se face o împărțire globală a traseelor în trasee de semnal și trasee de masă sau alimentare, acestea din urmă având alocate lățimi mai mari.

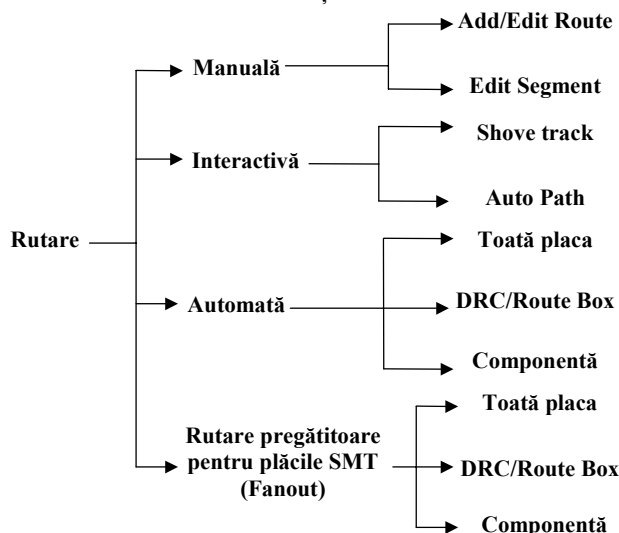


Fig. 3.3 Modalități de rutare a traseelor în programul ORCAD Layout

Pentru circuitele de înaltă frecvență sunt preferate traseele cu unghiuri de 45° sau cu contururi curbe (racordate). În acest fel, traseul de circuit care se prezintă ca o linie de transmisiune, va introduce o discontinuitate mai mică în calea semnalelor.

Pentru plăcile cu mare densitate de echipare sau alte cerințe deosebite se apelează la execuția circuitului în 4 sau mai multe straturi. De obicei, în astfel de cazuri există două straturi interne care sunt desemnate ca fiind plane de cupru conectate la tensiunea de alimentare sau la masă , de exemplu VCC și GND. Utilizând acest aranjament se ușurează mult rutarea semnalelor pe layer-urile destinate rutelor, deoarece traseele de alimentare care de obicei au lățimi mai mari se conectează direct, prin găurile metalizate ale pinilor de alimentare ai circuitelor. Pentru circuitele cu componente SMD se rutează un scurt segment pornind de la pinii la alimentare (“via stringer” sau “stub”) și terminat cu o gaură de trecere care va fi conectată la planul de alimentare corespunzător.

Modalitățile de realizare a rutării în programul Orcad Layout sunt prezentate în figura 3.3. Se observă că există mai multe opțiuni. Rutele se pot realiza automat sau se poate alege varianta rutării manuale a plăcii. Rezultate mai bune pot fi utilizate prin combinarea rutării manuale cu cea automată adică prin utilizarea procedeele de rutare interactivă. Se poate ruta automat întreaga placă sau se poate alege varianta rutării unei anumite porțiuni (DRC/Route Box) sau numai a conexiunilor atașate unei anumite componente. Rutarea de tip fanout este specifică componentelor SMD și urmărește ușurarea rutării viitoare prin realizarea segmentului "via stringer" sau "stub", vezi aliniatul anterior.

Înainte de începerea a operațiilor de rutare trebuie realizate o serie de etape pregătitoare, premergătoare.

- 1) Verificarea conturului plăcii, a definirii dimensiunilor găurilor de trecere (vias) precum și a grilelor pentru via și pentru rutare.**
- 2) Definirea layer-elor în mod corespunzător ca fiind active pentru rutare sau ca plane de masă.**
- 3) Verificarea și alocarea proprietăților arborilor de conexiune, inclusiv lățimile rutelor.**
- 4) Verificarea definirii corecte a spațiilor.**
- 5) Verificarea modului de acțiune a comenzilor referitoare la rutare.**

1.) La verificarea plăcii se va verifica că nu există decât un singur articol de tip board, plasat în layer-ul global. Pentru aceasta este util să se apeleze la tabela Obstacles de unde se verifică în coloana Obstacle Type obstacolul de tip Board Outline

Găurile de trecere (via) se modifică în tabela Padstacks la fel ca alte pastile de cupru. În mod implicit o singură gaură de trecere este definită și anume VIA1, fiind lăsate nedefinite restul de 15, de la VIA2 la VIA16. Este posibil să se aloce o anumită gaură de trecere pentru un anumit arbore de conexiune sau pentru o anumită categorie de arbori de conexiune.

Alocările dimensiunilor pastilelor se fac în concordanță cu tipul circuitului imprimat. De exemplu, pentru o placă dublă față are sens să existe definiții pentru via numai în layer-ele TOP și BOTTOM, în celelalte layere forma putând fi nedefinită.

Grilele de rutare și pentru via se verifică din fereastra System Settings.

2) Verificarea layer-elor

Pentru a verifica structura de layere utilizată în fișierul de lucru se poate utiliza tabela Layers care se deschide acționând butonul Spreadsheet din bara cu unelte sau selectând Database Spreadsheets din meniul View, urmate de opțiunea "Layers". Modul de lucru a fost prezentat în capitolul 3.2.

3) Verificarea și alocarea proprietăților arborilor de conexiune

Proprietățile arborilor de conexiune se pot modifica din Tabela Nets , prezentată în capitolul 3.2.

4) Verificarea definirii corecte a spațiilor

Spațiile se definesc în Orcad Layout din tabela Route Spacing care se deschide alegând butonul Spreadsheet urmat de Strategies, Route Spacing. Aici există șase categorii de spațieri, obținute pentru a defini distanțele dintre trasee, pastile și găurile de trecere. Valorile spațiilor se aleg în funcție de tehnologia de realizare a circuitului imprimat (uzual 12 mil =0,3 mm sau 8 mil =0,2 mm).

5) Verificarea modului de acțiune al comenzilor referitoare la rutare

Modul de acțiune al comenzilor de rutare în programul **Layout** poate fi gestionat din fereastra **Route Settings**, care se deschide alegând opțiunea omonimă din meniul **Options**.

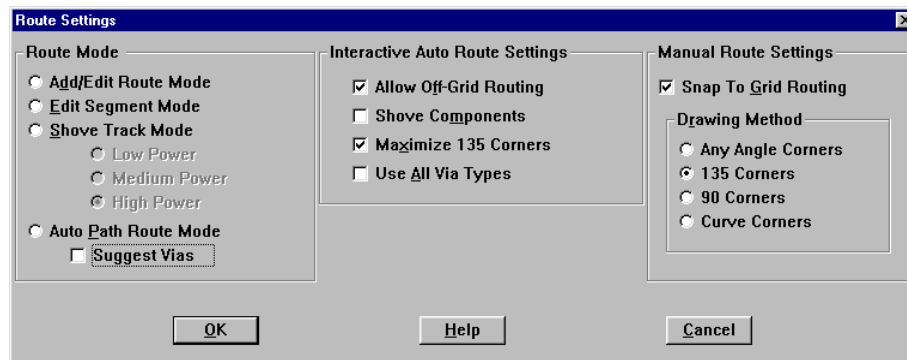


Fig. 3.4 Fereastra Route Settings

Setările sunt împărțite în trei grupe cărora le corespund trei zone distincte în fereastră: **Route Mode**, **Interactive Auto Route Settings** și **Manual Route Settings**.

După ce au fost parcurse etapele anterioare se poate trece efectiv la rutarea conexiunilor.

Etape de realizare a rutelor în mod manual sau automat

- 1) Încărcarea unui fișier strategie de rutare. (opțional)
- 2) Verificarea existenței conexiunilor la planele de masă și alimentare. Pentru plăcile SMT se recomandă realizarea rutării tip “fanout” pentru conexiunile de masă și de alimentare.
- 3) Rutarea conexiunilor critice.
- 4) Realizarea rutării pentru restul conexiunilor rămase.
- 5) Optimizarea rutării prin mijloace interactive și manuale.
- 6) Verificarea erorilor de spațiere și examinarea datelor statistice referitoare la placă.

Fișierele de tip “strategie de rutare”

Fișierele de tip strategie de rutare, în mod asemănător cu fișierele strategie de plasare, conțin informații ce permit ca rutarea conexiunilor să se execute după anumite reguli și priorități. Un fișier strategie de rutare “*.SF” conține informații despre layer-ele utilizate la rutare, în ce condiții se utilizează găuri de trecere, în ce direcții se duc cu precădere traseele, culorile asociate și dimensiunea ferestrei de rutare active. Programul **Layout** are create o serie de fișiere de strategie care sunt optimizate pentru plăci THT sau SMT cu 2,4, 6 sau 8 straturi. Fișierul strategie de rutare se încarcă cu comanda Load din meniul File. Programul Layout conține numeroase fișiere de tip strategie de rutare, cele mai utilizate fiind:

STD.SF → folosit ca fișier de strategie implicit. El este încărcat automat în programul de proiectare PCB în cazul în care placa este transferată în formatul binar al Layout-ului. Acest fișier se poate utiliza și pentru plăci care nu sunt transferate.

2__SMD_H.SF → folosit pentru plăci dublustrat cu componente amplasate pe o față sau pe ambele, atât în cazul tehnologiei montării pe suprafață, cât și în cazul tehnologiei mixte THT-SMT, cu layer-ul 1 orizontal.

2__SMD_V.SF → folosit pentru plăci dublustrat cu componente amplasate pe o față sau pe ambele, atât în cazul tehnologiei montării pe suprafață, cât și în cazul tehnologiei mixte THT-SMT, cu layer-ul 1 vertical.

2__THR_H.SF → folosit pentru plăci dublustrat în cazul tehnologiei THT, cu layer-ul 1 orizontal.

2_THR_V.SF→ folosit pentru plăci dublustrat în cazul tehnologiei THT, cu layer-ul 1 vertical.
JUMPER_H.SF→ folosit pentru plăci simplustrat cu ștrapuri (jumpere), cu layer-ul 1 orizontal.
Ștrapurile sunt plasate pe un layer special, numit “jumper layer”.
VIARED_H.SF→ folosit în cadrul pasului de baleiere destinat reducerii găurilor de trecere; această procedură are loc pe o placă rotată complet, cu layer-ul 1 orizontal.

Deși fișierele .SF nu modifică alocări referitoare la structura layout-ului, după încărcarea unui fișier strategie de plasare este bine să se reia operațiile premergătoare rutării care au fost prezentate anterior.

Rutarea manuală

Rutarea manuală se realizează cu ajutorul a două comenzi, **Add/Edit Route** și **Edit Segment**, ambele având butoane în bara cu instrumente. Modul de lucru **Add/Edit Route** se utilizează pentru a crea noi trasee prin transformarea conexiunilor în rute. Este posibilă și editarea unor rute existente prin plasarea cursorului pe un colț sau pe un segment al acestora. Modul de lucru **Edit Segment** este utilizat pentru a muta segmente ale rutelor existente, crearea de segmente noi sau ștergerea anumitor segmente. Prin utilizarea tastei ALT în timpul rutării se poate începe un segment de rută pornind de pe unul existent, al aceluiași arbore de conexiune, procedeul de ramificație fiind cunoscut ca rutare în “T”.

A) Rutarea manuală în modul Add/Edit Route

Intrarea în modul de lucru **Add/Edit Route** se face apăsând butonul **Add/Edit Route Mode** din bara cu unelte sau alegând din meniul **Tool** comanda **Track** urmată de **Select Tool**. Comanda se poate utiliza pentru a crea noi trasee sau a le edita pe cele existente, fără a le distruge, prin selecția unui colț (vertex). Dacă se selectează un traseu parțial rutat, se poate continua editarea adăugând un singur segment la un moment dat, la unghiuri de 45° sau 90°.

Procedura "step by step" pentru rutarea manuală a unei conexiuni

- 1) Din meniul **Tool** se selectează **Track** și apoi **Select Tool**.
- 2) Se selectează conexiunea pe care dorim să o rutăm. Cursorul se schimbă într-o cruce mai mică (stare activă) și conexiunea devine atașată de cursor. Se deplasează cursorul și se observă apariția rutei care pornește din padul cel mai apropiat de punctul de selecție. Modul de generare a segmentelor de rută este diferit în funcție de setările din fereastra **Route Settings**. În cazul selecției opțiunilor **135 Corners** sau **90 Corners**, programul realizează automat un traseu compus din două segmente care formează între ele unghiuri de 135° (45°) sau de 90°, respectiv. În cazul opțiunii **Any Angle Corners** se generează un singur segment de rută.
- 3) Un clic (sau SPACE) introduce un colț în traseul rutei. Se continuă deplasarea cursorului pentru a desena segmente suplimentare de rută. Un segment deja rutat poate fi șters prin poziționarea cursorului pe segment și apăsarea tastei Delete.
- 4) Găurile de trecere se introduc automat în locul unde s-a realizat "click", prin schimbarea layer-ului. Pentru schimbarea layer-ului se poate tasta direct numărul său sau se poate alege din lista aflată sub bara cu unelte. Dacă după realizarea clic-ului cursorul a mai fost deplasat, introducerea găurii de trecere are loc la coordonatele colțului, oarecum în urma cursorului. Deci, atenție, întâi faceți click, apoi imediat introduceți via.

OBS. 1. Dacă modul DRC (Design Rule Check) este activ, programul poate schimba automat layer-ul și introduce găuri de trecere pentru a asigura respectarea regulilor de spațiere.

2. Utilizarea tastei ALT combinată cu clic permite ramificarea rutelor adică rutarea în "T".

5) Se face un click pe pastila de oprire pentru a termina rutarea. Cursorul își schimbă forma în cea obișnuită (cruce mai mare), și este gata pentru a ruta altă conexiune. Dacă ruta nu a fost finalizată se poate încerca **Finish** din meniul contextual care termină ruta în mod automat sau **End Command** (sau ESC) care lasă ruta în stadiul existent, incompletă.

Modul de acțiune a comenzii **Add/Edit Route** pentru trasee cu diverse unghiuri poate fi urmărit în figura 3.5.

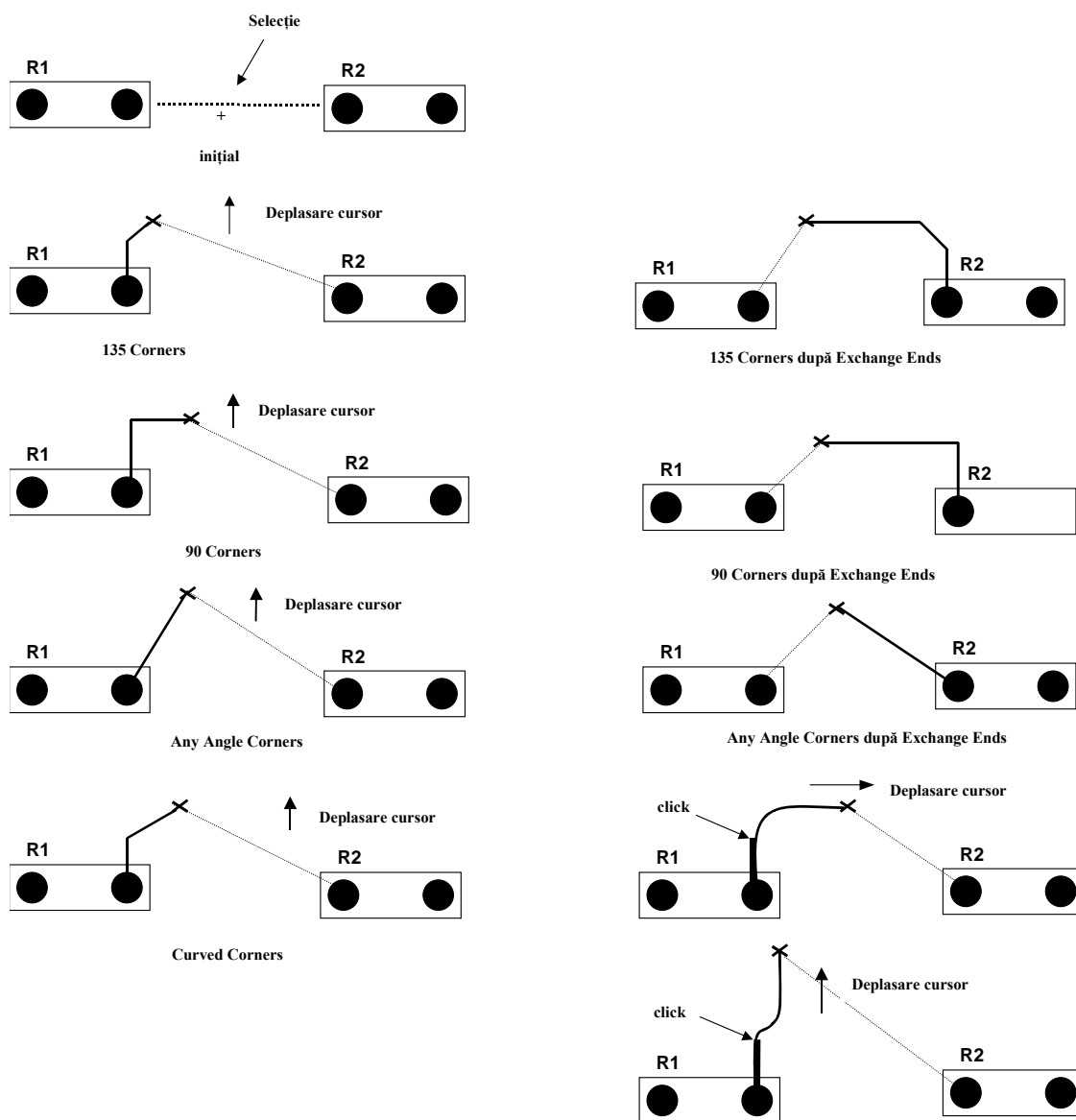


Fig. 3.5 Acțiunea comenzii Add/Edit Route

B) Modul Edit Segment

B) Modul Edit Segment

Modul de lucru **Edit Segment** permite editarea rutelor existente prin deplasarea segmentelor dar și crearea unora noi, dacă se selectează o conexiune. Se poate intra în modul

Edit Segment prin apăsarea butonului **Edit Segment** din bara cu unelte sau alegând opțiunea **Track Segment**, **Select Tool** din meniul **Tool** sau apăsând tasta “S” sau selectând comanda **Segment** din meniul “pop-up”. Ultima variantă este permisă numai dacă este activ modul de lucru **Add/Edit route**.

Reamintim că un segment este, prin definiție, porțiunea de traseu conținută între două colțuri (vertexuri). **Edit Segment** acționează diferit asupra segmentelor atunci când se selectează capetele sale (colțurile) sau centrul său. Deplasarea segmentului se face prin selecție în partea centrală. Selectând capetele se poate modifica lungimea și direcția segmentului și/sau unghiurile colțurilor. Când se deplasează segmentele se utilizează setările referitoare la rutarea manuală în ceea ce privește unghiurile dintre segmente. Deplasarea unui segment se face de regulă pe distanțe mici în jurul rutei existente.

C) Modul Shove Track

Modul de lucru **Shove Track** este considerat un mod de rutare interactivă. Este asemănător cu modul **Add/Edit Route** dar, în plus, permite deplasarea (shove=împingere) rutelor existente.

Operații complementare la rutarea manuală

Fixarea unei rute

Cu ajutorul comenzii **Lock** disponibilă în meniul “pop-up” în timpul rutării manuale, pot fi blocate rutele, pentru a nu fi mutate de programul de rutare automată sau de opțiunea **Shove Track**.

Ștergerea rutelor sau a segmentelor de rută

Prin ștergerea rutelor în programele CAD pentru electronică se înțelege de obicei transformarea rutei în conexiunea din care a provenit, adică realizarea unei operații inverse rutării. Dacă se continuă cu ștergerea conexiunii se pierde efectiv legătura electrică între pastile. Ștergerea rutelor sau a segmentelor de rută se face cu ajutorul unor comenzi din meniul “pop-up”, atunci când una din rute este selectată, când se lucrează într-unul din modurile de rutare manuală. Comanda **Unroute Segment** șterge segmentul de rută “înapoia” celui curent și continuă să șteargă segmentele până la padul sursă. Dacă modul de lucru **Online DRC** este activ atunci ștergerea se oprește la limitele ariei DRC.

Comanda **Unroute** șterge toate segmentele din conexiune, adică cele cuprinse între două pastile.

Comanda **Unroute Net** șterge necondiționat toate rutele din arborele de conexiune.

Alte variante de ștergere a rutelor sunt disponibile din meniul “pop-up” atunci când tabela **Nets** este deschisă. Există următoarele posibilități:

Unroute Partial Track șterge rutele care nu sunt complete.

Unroute Center Partial șterge rutele care nu sunt finalizate la ambele capete.

Unroute șterge toate rutele din arborele de conexiune.

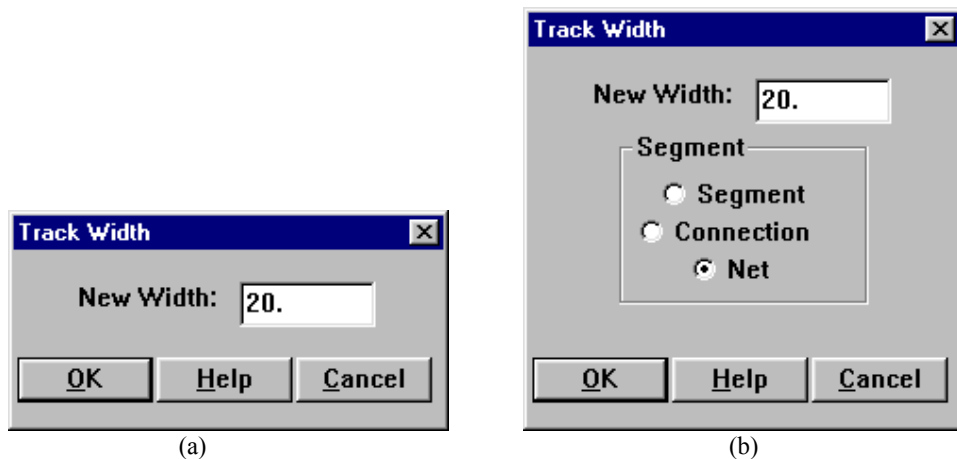
Unroute Unlocked Track șterge rutele de pe placă care nu sunt blocate

Pentru a șterge toate rapid toate rutele asociate unui arbore de conexiune se plasează cursorul pe conexiune sau rută, fără a o selecta și se apasă tasta “D”. Apăsarea tastei **DEL** șterge conexiunea respectivă.

Modificarea lăţimii unui traseu

Modificarea lăţimii traseelor se poate realiza dintr-unul din modurile de rutare manuală sau interactivă şi utilizarea comenzii Change Width sau se poate realiza prin intervenţia în tabela Nets.

Modificarea lăţimii traseelor în timpul rutării se face cu comanda Change Width. Această comandă are prioritate faţă de setările din tabela Nets. În timp ce se rutează manual o conexiune se alege Change Width din meniul “pop-up”. Pe ecran apare fereastra Track Width prezentată în figura 3.6(a). Se introduce o altă valoare întreagă în căsuţa New Width şi se închide fereastra cu OK. Traseul cu noua lăţime începe de la ultimul colţ (vertex) introdus anterior, sau din padul de start al conexiunii. Se continuă introducerea de segmente cu această lăţime până la o altă utilizare a comenzii Change Width. Este posibilă realizarea de rute cu segmente de lăţimi diferite prin modificarea succesivă a lăţimii traseelor după introducerea unui colţ.



(a) (b)
Fig. 3.6 Fereastra Track Width (a) (b) la selecţia unor trasee existente

Pentru a modifica lăţimile traseelor rutate, complet sau parţial, se activează unul din modurile de rutare manuală sau interactivă. Se selectează ruta respectivă prin CTRL+click. Dacă selecţia se face cu click simplu se intră practic în modul de editare a rutei corespunzător iar comanda de modificare a lăţimii traseului se va aplica numai segmentului curent. Din meniul “pop-up” se alege Change Width. Fereastra de dialog Track Width din figura 3.6(b) apare pe ecran. Se introduce o altă valoare întreagă în căsuţa New Width şi se alege dacă respectiva lăţime se aplică segmentului de rută unde s-a realizat selecţia, conexiunii sau întregului arbore de conexiuni. Pentru a aplica modificarea de lăţime se închide fereastra cu OK. Dacă noua lăţime de traseu introdusă într-una din ferestrele din figura 3.6 nu corespunde cu nici una din valorile atribuite pentru Min Width, Conn Width sau Max Width programul afişează mesajul: “Non-standard width. Override?”, adică suntem avertizaţi că utilizăm o lăţime care nu este standard, din punctul de vedere al prezenţei în tabela Nets. Pentru a utiliza totuşi această lăţime de traseu se alege butonul Yes. Dacă modul de lucru Online DRC este activ şi în urma creşterii lăţimii traseelor se produc violări ale spaţierilor programul afişează un mesaj de avertizare:

Width change will create errors. Is this Ok?

Prin acest mesaj suntem avertizaţi că prin modificările de lăţime, în mod normal prin creşterea lăţimii, se produc violări ale spaţierilor admise. La mesajul de avertizare se poate răspunde cu Yes, caz în care se aplică noua lăţime a traseului, chiar provocând erori de spaţiere sau se poate alege No, caz în care nu se mai aplică noua lăţime, traseul rămânând la lăţimea avută anterior.

O altă variantă de modificare a traseelor rutate este utilizarea tabelii Nets şi utilizarea următoarelor comenzi din meniul “pop-up” care sunt active atunci când tabela este afişată: Force

Min/Max Widths și Force Width by Layer. Comanda Force Min/Max Widths obligă ca întreg arborele de conexiuni să respecte lățimile de traseu stabilite în fereastra Edit Net, căsuțele Min Width și Max Width. În mod evident, dacă rutele componente ale arborelui de conexiuni au lățimi mai mari decât Max Width ele vor fi reduse la această valoare iar dacă există segmente cu lățimi mai mici ca Min Width acestea vor fi îngroșate la valoarea Min Width. Pentru a obține o lățime dorită și unică a rutei se poate seta valoarea Min Width egală cu Max Width și implicit cu Conn Width.

Modificarea layer-ului unui segment de rută

Dacă se selectează o rută existentă cu CTRL+click și se tastează un număr de layer, ruta se mută pe acel layer. Dacă nu există spațiu necesar, programul ne atenționează și nu efectuează comutarea pe alt layer a rutei respective.

Rutarea interactivă

Programul **Layout** este prevăzut cu două posibilități de rutare interactivă utilizând modurile de lucru **Shove Track** și **Auto Path**. Acțiunea ambelor comenzi este dependentă de setările din fereastra **Route Settings**. Modul de lucru **Shove Track** este considerat ca fiind rutare de tip interactiv și nu de tip manual deoarece se interacționează cu facilitățile automate de tip “push and shove”. Modul de lucru **Auto Path** este considerat și el de tip interactiv deoarece interacționează cu programul de rutare automată atunci când sugerează trasee și poziții ale găurilor de trecere. Selectarea unuia din modurile de rutare interactivă activează automat verificările **Online DRC** ceea ce impune posibilitatea de utilizare a lor numai în interiorul ferestrei DRC.

Utilizarea modului de lucru Shove Track.

Intrarea în modul de lucru **Shove Track** se face apăsând butonul **Shove Track Mode** din bara cu unelte. Modul de lucru este similar cu cel de la rutarea manuală în modul **Add /Edit Route**, fiind posibilă rutarea unei singure conexiuni la un moment dat. Diferența este că, în acest mod de lucru programul împinge rutele existente din calea rutei aflată în editare. Și aici este posibilă rutarea în “T” prin apăsarea tastei ALT.

Utilizarea modului de lucru Auto Path

Intrarea în acest mod de lucru se face atunci când se selectează butonul corespunzător din bara cu unelte. Când se selectează o conexiune sau un pin programul sugerează un traseu posibil pentru rută. Pe măsură ce cursorul se deplasează ruta își schimbă poziția. Prin apăsarea butonului stânga mouse se plasează ruta sugerată utilizând facilitățile “push and shove” eliberând astfel calea prin deplasarea rutelor vecine. Dacă se folosește modul de lucru **Auto Path** cu opțiunea **Suggest Vias** din dialogul **Route Settings** programul afișează poziția probabilă a găurilor de trecere, găuri care vor fi eliminate în versiunea finală a rutei, dacă nu sunt necesare.

O rutare rapidă a unei conexiuni se face printr-un dublu clic pe o conexiune, programul rutând respectiva conexiune în mod automat.

Fereastra Manual Route Strategy

Modul de acțiune al comenzilor interactive **Auto Path** și **Shove Route** este controlat de setările din fereastra intitulată (oarecum înșelător) Manual Route Strategy, prezentată în figura 3.7. Fereastra respectivă se deschide alegând din meniul **Options** opțiunea **Route Strategy** urmată de **Manual Route**.

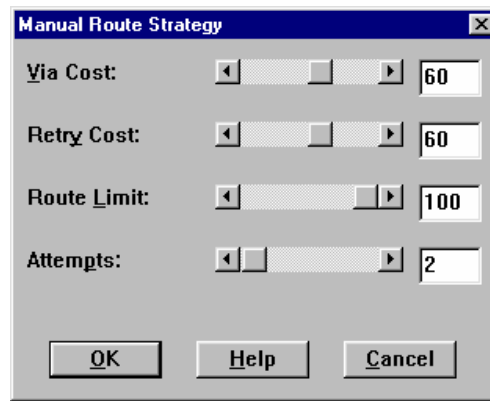


Fig. 3.7 Fereastra **Manual Route Strategy**

Rutarea automată

Rutarea automată se bazează pe definirea unei arii în care procesul de rutare trebuie să se declanșeze. Aria de rutare apare ca o zonă delimitată de o “linie întreruptă” și este vizibilă pe ecran chiar de la deschiderea programului **Layout** cu comanda **New**.

Definirea ariei DRC

Utilizând aria (sau conturul) DRC se poate defini regiunea în care se dorește să înceapă procesul de rutare. Programul de rutare automată și cele două procedee de rutare interactivă rulează numai în aria DRC. La rutarea manuală programul face un zoom, centrând aria DRC pe ecran. Dacă chenarul DRC nu este vizibil se apasă butonul **Online DRC** din bara cu unelte și apoi se apasă butonul **Refresh All**.

Din meniul **View** se alege opțiunea **Zoom DRC/Route Box**, sau se apasă tasta “**B**”. Cursorul își modifică forma într-un “**Z**”. Se descrie un contur dreptunghiular (“frame”) cu dimensiunea dorită pentru aria DRC. La eliberarea butonului mouse-ului programul face un zoom, centrând aria DRC în ecranul de lucru. Mutarea ariei DRC se face alegând opțiunea **Zoom DRC/Route Box**. Se face un clic în aria de lucru, în vecinătatea zonei unde dorim să fie centrul ariei DRC. Aria DRC se centrează pe cursor și se “agață” de acesta, fiind posibilă deplasarea acesteia în zona dorită unde se plasează prin clic. Pentru mutarea ariei DRC fără a face zoom se alege opțiunea **Zoom DRC/Route Box** și se mută cursorul în zona unde dorim să fie centrul ariei DRC. Se tastează “*”. Conturul DRC se centrează la nivelul cursorului.

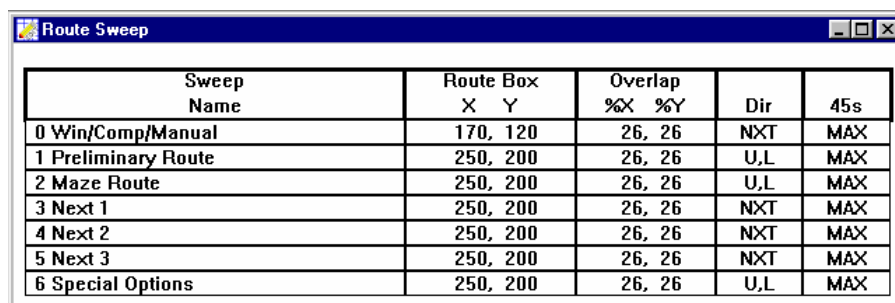
Autorouterul bazat pe grilă are două caracteristici principale:

- a) utilizarea procedurii “sweep” (baleiere);
- b) utilizarea procedurii “shove” (împingere, înghiontire).

La procedeul “sweep” are loc o baleiere a plăcii după direcții specificate, începând dintr-un anumit punct. La utilizarea procedurii “shove” programul găsește loc pentru rute prin împingerea, înghiontirea rutelor aflate în calea celei curente. De asemenea se verifică dacă anumite rute care blochează calea nu pot fi duse pe alte căi.

Editarea parametrilor de baleiaj la rutarea plăcii

Un proces de baleiere (“sweep”) reprezintă deplasarea ferestrei active de rutare pe întreaga suprafață a plăcii în vederea realizării unui procent de rutare apropiat de 100%. Parametrii care trebuie setați în mod uzual se referă la mărimea ferestrei DRC și direcția de baleiere. Se deschide mai întâi tabela **Route Sweep**, vezi figura 3.8, care se lansează din meniul **Options**, alegând **Route Strategies** și apoi **Route Sweeps**.



Sweep Name	Route Box X Y	Overlap %X %Y	Dir	45s
0 Win/Comp/Manual	170, 120	26, 26	NXT	MAX
1 Preliminary Route	250, 200	26, 26	U,L	MAX
2 Maze Route	250, 200	26, 26	U,L	MAX
3 Next 1	250, 200	26, 26	NXT	MAX
4 Next 2	250, 200	26, 26	NXT	MAX
5 Next 3	250, 200	26, 26	NXT	MAX
6 Special Options	250, 200	26, 26	U,L	MAX

Fig. 3.8 Tabela Route Sweep

Setările pentru **Sweep 0** influențează procesul de rutare în mod interactiv cu **Shove Track** și **Auto Path Route** sau în modul de rutare manuală. Programul de rutare automată utilizează setările definite pentru Sweep 1 până la Sweep 6.

Diferențele dintre etape sunt evidențiate în cele ce urmează. **Sweep 0** (Win/Comp/Manual) permite stabilirea criteriilor de rutare în mod manual sau automat atunci când rutarea se realizează într-o singură fereastră (**DRC/Route Box**) sau pentru o componentă aflată în fereastră (**Autoroute Component**). Setările afectează modul de acțiune al comenzilor de rutare interactivă **Shove Track** și **Auto Path Route**. Setările referitoare la costuri nu sunt luate în considerare la rutarea automată. **Sweep 1** (rutare preliminară) realizează rutarea traseelor de tip “Memory” sau apropiate de acestea și a traseelor care pot fi rutate direct, cu forme simple. Pentru plăcile SMT poate fi folosit ca să realizeze “degajarea” spațiului prin rutarea unui scurt segment la o gaură de trecere (numit “stub”). **Sweep 2** (Maze Route – rutare tip labirint) face ca programul să ducă trasee încercând diverse căi. Se utilizează facilitățile de “shove” și “retry”. Se încearcă rutarea până aproape de 100% în fiecare fereastră de rutare după care se trece la fereastra următoare. **Sweep 3, 4 și 5** (Next1, Next 2 și Next3) se utilizează după ce programul a efectuat o baleiere completă a plăcii și de regulă după ce procentul de rutare este mai mare de 93%.

Prima fază de tip **Next** face o reluare ciclică a conexiunilor rămase, încercând finalizarea rapidă a plăcii, fără să încerce să finalizeze rute extrem de dificile, lăsându-le pentru pașii următori. La această fază de tip **Next** nu se urmărește o direcție principală și una secundară de deplasare a ferestrei ci se utilizează **Route Next Connection**. Ca urmare, programul caută conexiunile nerutate centrând fereastra de rutare în jurul fiecărei conexiuni. Costurile sunt optimizate să asigure un procent de rutare apropiat de 100%. Dacă după rulare primei treceri de tip Next mai există conexiuni nerutate se poate rula încă o trecere de tip Next utilizând una dintre celelalte două treceri rămase. Dacă după două treceri de tip **Next** procentul de rutare este mai mic de 95% se va trece la modificarea plasării sau la reducerea severă a lățimii traseelor, a spațiilor și a grilei de rutare.

O altă variantă de strategie care se poate utiliza este lansarea după **Maze 1** a unei treceri **Maze 2** cu o grilă mai mică, cu un factor mergând până la 1/3.

Sweep 6 (opțiuni speciale) are ca scop să ruteze cât mai mult fără găuri de trecere, să reducă numărul de găuri de trecere și să netezească sau să îndrepte colțurile (“smoothing”), optimizând astfel structura de interconectare generată anterior.

Pentru editarea opțiunilor fazelor de baleiere se utilizează fereastra de dialog **Sweep Edit** care se deschide prin dublu-clic pe celulele de interes sau din meniul “pop-up” se alege **Properties**.

La realizarea procesului de baleiere, programul împarte placa în arii egale, pe linii și pe coloane. Numărul de linii și coloane rezultat depinde de mărimea ferestrei (conturului) de rutare - DRC Box. Din tabloul Sweep Edit se specifică modul de baleiere, pe linii sau pe coloane.

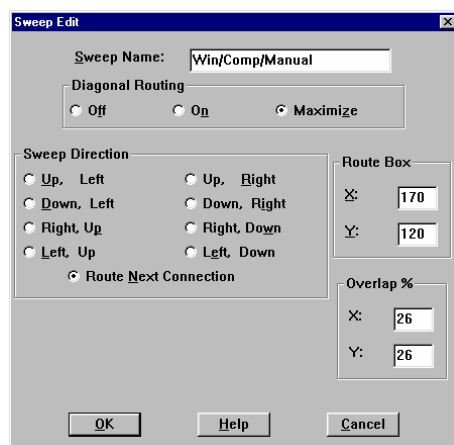


Fig. 3.9 Fereastra Sweep Edit

Opțiunea Route Next Connection determină ca fereastra activă să sară la conexiunea următoare, fără a ține seama de o anumită ordine.

Se recomandă lansarea programului de rutare automată din zonele cele mai dense a plăcii identificate prin examinarea graficului de densitate. Se deplasează apoi fereastra DRC în zona dificilă. De asemenea, se recomandă utilizarea unei dimensiuni maxime a acestei ferestre, atât cât permite memoria calculatorului. Se obțin rezultate mai bune dacă fereastra DRC acoperă întreaga placă, programul găsind cele mai bune traiectorii de rutare. Pentru grile de 20 sau 25 mil dimensiunea maximă a ferestrei DRC este 350×300 , iar pentru plăci cu grile 12,5, 10 și 8,33 mil dimensiunea maximă este de 450×350 . Dimensiunea ferestrei este exprimată în unități ale grilei de rutare. De exemplu, pentru o setare a grilei de 25 mils, dimensiunea implicită a ferestrei DRC de 250×200 înseamnă în valori absolute 6,25 inch \times 5 inch.

Procentul de suprapunere a ferestrelor, Overlap %, determină spațiul utilizat de programul de rutare pentru a reface anumite rute atunci când se mută de la o fereastră la alta. Se recomandă utilizarea valorii implicite de 26%. Un procent de suprapunere prea mic poate duce la existența multor rute parțiale iar un procent prea mare duce la un timp de calcul mărit deoarece se încearcă rerutarea inutilă a unor rute.

A doua colecție de parametri care controlează procesul de rutare o constituie cea legată de tabela **Route Pass** care se deschide din meniul **Options** alegând **Route Strategies** și apoi **Route Pass**. Din această tabelă se pot activa sau dezactiva procesele de baleiere “sweep” precum și trecerile în cadrul fiecărui proces. De asemenea se pot edita anumiți parametri care sunt stabiliți în fișierele strategie de rutare.

Se observă că la fiecare proces de baleiere sunt prevăzute trei treceri (“pass”). Aceste treceri (reluări) sunt utilizate ca alternative și sunt gândite pentru a fi utilizate câte una la un moment dat.

Name	Enable	Via Cost	Retry Cost	Route Limit	Route Attempt	Options
Win/Comp						
Pass 1	Yes	0	0	0	2	Heuristics
Pass 2	Yes	70	30	80	20	Maze Partial
Pass 3	No	40	60	80	20	Maze Partial
1 Preliminary Route						
Pass 1	No	0	0	0	2	Maze Partial
Pass 2	No	0	0	0	4	Fanout Partial
Pass 3	Yes	0	0	0	2	Heuristics
2 Maze Route						
Pass 1	No	0	0	0	2	Heuristics
Pass 2	Yes	70	30	80	20	Maze Partial
Pass 3	No	40	60	80	20	Maze Partial
3 Next 1						
Pass 1	Yes	20	80	100	20	Maze Partial
Pass 2	No	50	80	100	20	Maze Partial
Pass 3	No	80	80	100	20	Maze Partial
4 Next 2						
Pass 1	No	20	80	100	100	Maze Partial
Pass 2	Yes	50	80	100	100	Maze Partial
Pass 3	No	80	80	100	100	Maze Partial
5 Next 3						
Pass 1	No	20	80	100	100	Maze Partial
Pass 2	No	50	80	100	100	Maze Partial
Pass 3	Yes	80	80	100	100	Maze Partial
6 Special Options						
Pass 1	No	40	40	40	2	Maze Partial Fast
Pass 2	No	80	80	80	2	Via Reduce Partial
Pass 3	No	80	80	0	0	Auto DFM Partial

Fig. 3.10 Tabela Route Pass

De obicei nu se obține o îmbunătățire prin rularea mai multor treceri ale unui proces de baleiere a plăcii. Fereastra **Edit Route Pass** (figura 3.11) se deschide prin dublu-clic pe linia de interes a tabelului.

Fig. 3.11 Fereastra Edit Route Pass

Editarea parametrilor legați de rutare în cadrul layer-elor

Tabela **Route Layer** (figura 3.12) se deschide din meniul **Options** alegând **Route Strategies** și apoi **Route Layers**. Din tabela **Route Layer** se determină dacă un layer este activ sau nu pentru rutare în cadrul fiecărui ciclu de baleiere. Se determină de asemenea direcția majoritară de rutare și se stabilesc anumiți parametri legați de costuri. Editarea acestor valori se face din fereastra **Edit Layer Strategy** (figura 3.13).

Câmpurile din fereastra Edit Layer Strategy au următoarea semnificație: **Sweep** - dacă se selectează o singură linie din tabelă numele respectiv apare în fereastra de dialog pentru layer-ul corespunzător.

În caz contrar, apare numărul de linii selectate. **Eouting Enabled** - se permite ca layer-ul respectiv să fie utilizat pentru rutare.

Layer Cost - determină o preferință a layer-elor pentru a fi utilizate pentru rutare. În mod implicit tuturor layer-elor li se acordă o valoare de 50. Un cost mai redus indică că layer-ul este preferat pentru rute. Un cost mai ridicat va duce la evitarea pe cât posibil a layer-ului respectiv. **Primary Direction** - determină "polarizarea" layer-elor, adică specificarea unei direcții prioritare (majoritare) pentru rute.

Sweep/Layer Name	Enabled	Cost	Direction	Between
Win/Comp/Manual				
TOP	Yes	50	20 Vert.	30
BOTTOM	Yes	50	80 Horz.	30
1 Preliminary Route				
TOP	Yes	50	20 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	80 Horz.	0
2 Maze Route				
TOP	Yes	50	20 Vert.	30
BOTTOM	Yes	50	80 Horz.	30
3 Next 1				
TOP	Yes	50	49 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	51 Horz.	0
4 Next 2				
TOP	Yes	50	49 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	51 Horz.	0
5 Next 3				
TOP	Yes	50	51 Horz.	0
BOTTOM	Yes	50	49 Vert.	0
6 Special Options				
TOP	Yes	50	49 Vert.	0
BOTTOM	Yes	50	51 Horz.	0

Fig. 3.12 Tabela **Route Layer** pentru o placă cu două layer-uri active pentru rutare

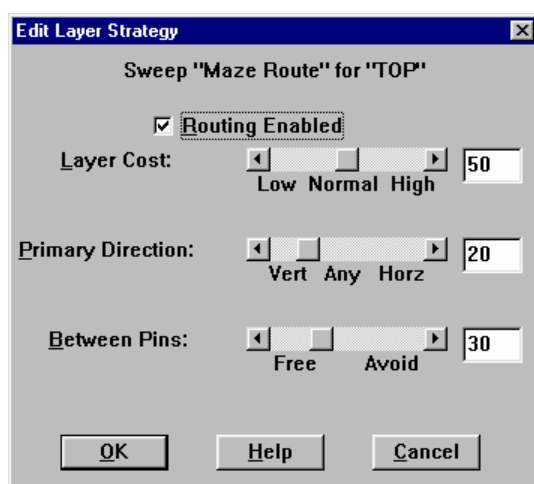


Fig. 3.13 Fereastra **Edit Layer Strategy**

Pentru layer-urile cu direcție verticală se alocă o valoare între 0 și 49 iar pentru cele orizontale o valoare între 51 și 100. Cu cât valoarea este mai apropiată de 50 cu atât programul va avea o libertate mai mare de a trasa rute în orice direcție în layer-ul respectiv.

Between Pins - configurează costurile asociate cu trecerea rutelor printre pastile cu centrele situate la mai puțin de 100 mil. Aceste setări acționează în special în cazul în care direcția primară (a rutelor) este perpendiculară cu axa majoritară de plasare a circuitelor integrate. Valoarea implicită este de 30 pentru procedeele de baleiere Win/Comp și Maze Route. Costul "Between Pins" este setat la valoarea zero pentru

procedeele de baleiere "Next" pentru ca programul să găsească căi pentru rutele rămase, inclusiv printre pinii circuitelor.

Din considerente tehnologice uneori se evită ducerea traseelor printre pini apropiați dar trebuie avut în vedere că o valoare excesiv de mare a costului, de exemplu 100, nu va permite rutarea conexiunilor spre componente uzuale cum ar fi conectoarele sau capsule PGA.

Rutarea automată se poate aplica la trei categorii de articole: **Board**, **DRC/Route Box** și **Component**. Ea se realizează selectând comanda **Autoroute** din meniul **Auto**, apoi una din opțiunile de mai sus. Rutarea depinde extrem de mult de o configurare corectă și riguroasă a parametrilor. Se recomandă, de aceea, ca proiectantul să nu se grăbească în startarea procedurii deoarece există riscul ca rezultatul obținut să fie modest sau chiar dezamăgitor. De cele mai multe ori rutarea este îmbunătățită spectaculos dacă activitățile pregătitoare nu sunt uitate sau tratate superficial.

Alte comenzi importante:

Unroute Segment – utilizată pentru a șterge segmentele rutate anterior

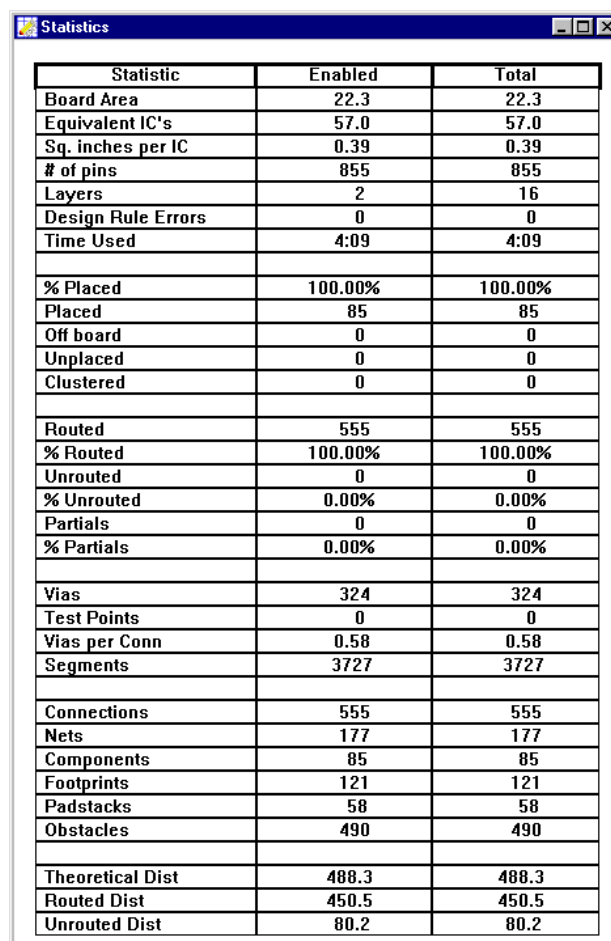
Unroute – pentru ștergerea traseelor

Unroute Net pentru ștergerea tuturor rutelor din arborele de conexiune selectat

≈●≈

Verificarea stării procesului de rutare

Verificarea stării procesului de rutare se poate observa în tabela Statistics, prezentată în figura 3.14, observând linia %Routed.



Statistic	Enabled	Total
Board Area	22.3	22.3
Equivalent IC's	57.0	57.0
Sq. inches per IC	0.39	0.39
# of pins	855	855
Layers	2	16
Design Rule Errors	0	0
Time Used	4:09	4:09
% Placed	100.00%	100.00%
Placed	85	85
Off board	0	0
Unplaced	0	0
Clustered	0	0
Routed	555	555
% Routed	100.00%	100.00%
Unrouted	0	0
% Unrouted	0.00%	0.00%
Partials	0	0
% Partials	0.00%	0.00%
Vias	324	324
Test Points	0	0
Vias per Conn	0.58	0.58
Segments	3727	3727
Connections	555	555
Nets	177	177
Components	85	85
Footprints	121	121
Padstacks	58	58
Obstacles	490	490
Theoretical Dist	488.3	488.3
Routed Dist	450.5	450.5
Unrouted Dist	80.2	80.2

Fig. 3.14 Tabela Statistics

Tabela Statistics care apare alegând Spreadsheet Statistics oferă diverse informații referitoare la layout inclusiv la starea rutelor. Astfel, se poate observa procentul de rutare, numărul de găuri de trecere introduse, numărul de segmente de rută, etc.

Dacă, după finalizarea rutării, este observat un procent de rutare sub 100% înseamnă că există anumite conexiuni nerutate, de obicei acestea fiind greu vizibile. Se poate afișa numai layer-ul 0 (Global) cu succesiunea de taste Backspace, 0 conexiunile fiind vizibile în Global Layer.

Dacă au fost realizate corectări sau modificări, reactualizarea tabelii statisticilor se face cu comanda Auto→Refresh→Calculate Statistics sau cu butonul Refresh All din bara cu unelte.

După finalizarea rutării se impune verificarea spațierilor dintre diversele articole implicate. În mod normal, procedeele de rutare automată nu generează erori, dar de obicei se intervine asupra rutării și în mod manual. Verificările asupra structurii de interconectare sunt prezentate în alt capitol .