

3.6 Operații finale și verificări asupra structurii de interconectare virtuale

Operații ulterioare procesului de rutare

Operații finale asupra structurii de interconectare

Verificarea realizării structurii de interconectare virtuale

Operațiile ulterioare procesului de rutare se referă la modificări ale structurii de interconectare pentru a realiza mici corecturi ce asigură atât o funcționalitate îmbunătățită cât și avantaje tehnologice. Aici includem realizarea traseelor cu înclinări la 45° sau la 135°, în funcție de originea aleasă, rotunjiri ale colțurilor, aranjări ale segmentelor de rută pentru evitarea unor bucle sau colțuri inutile, etc. În programul ORCAD pentru corectarea rutelor sunt disponibile opțiunile disponibile chiar în procesul rutării manuale. Suplimentar există și o procedură automată numită Cleanup Design care realizează o operație de “aranjare” a structurii de interconectare.

Operațiile finale asupra structurii de interconectare includ introducerea de găuri de prindere, texte ajutătoare, marcaje de aliniere, poziționarea numelor componentelor. Rezultatul acestor operații sunt necesare în utilizarea circuitului imprimat, în procesul de fabricație, testare sau depanare.

Verificările asupra structurii de interconectare se realizează cu scopul de a nu exista violări ale spațiilor maxim admise între articole. Aceste verificări, deși numite verificări electrice sunt verificări de natură geometrică, dar prin încălcarea lor efectele pot fi de natură electrică, de exemplu scurt-circuite.

⇒ Operații ulterioare procesului de rutare – ORCAD

În programul ORCAD pentru corectarea rutelor nu există comenzi speciale ci sunt disponibile opțiunile din procesul rutării manuale, opțiuni prezentate în capitolul anterior.

Suplimentar, există și o procedură automată numită Cleanup Design care realizează o operație de “aranjare” a structurii de interconectare.

Operația Cleanup Design

Această comandă este utilizată pentru a îmbunătăți din punct de vedere tehnologic, electric și estetic proiectul realizat. Realizează în mod automat netezirea rutelor, unghiurile de 45° ale traseelor față de orizontală (“mitre”) și verifică din punct de vedere estetic sau al fabricației eventualele probleme care ar putea apare în timpul rutării manuale sau automate. Este recomandat să se execute operația de curățire cel puțin o dată la sfârșitul activității de proiectare. Câteva dintre problemele corectate de algoritmul operației sunt prezentate mai jos:

unghiuri de 90° ale traseelor care nu sunt situate în grilă

unghiuri ascuțite

partajare defectuoasă a ariilor de cupru

unghiuri incorecte de ieșire din pastile

găuri de trecere suprapuse.

Comanda se poate lansa și prin selecția opțiunii Auto DFM în fereastra de dialog Edit Route Pass prezentată la operațiile de rutare automată

Trebuie avută o atenție deosebită ca rutele care trebuie păstrate nemodificate, cum ar fi cele corespunzătoare anumitor arbori de alimentare sau rute cu lungime critică, să fie blocate înainte de a rula opțiunea de curățare.


Pentru a porni operația de “curățare”


Din meniul Auto se alege Cleanup Design.

Se vor face în mod obligatoriu verificările finale DRC după operația Cleanup Design.

⇒ Verificarea realizării structurii de interconectare virtuale – ORCAD

Operațiile de verificare a erorilor de proiectare sunt cunoscute generic sub numele de DRC-Design Rules Check.

În proiectarea structurii de interconectare intervin alături de operații automate și o serie de operații manuale. Aceste operații, dacă nu sunt realizate având activ modul Online DRC , pot produce erori ale regulilor de proiectare. Cele mai cunoscute sunt apropierea dintre trasee sau pastile la mai mult decât este permis de setările din tabela Route Spacing. La limită pot exista chiar scurtcircuite. Un alt caz îl reprezintă celelalte articole cum ar fi textele informative sau ariile de cupru care trebuie să respecte spațieri corespunzătoare față de celelalte articole.

Verificările se fac cu comanda Design Rule Check din meniul Auto, sau cu același efect se poate apăsa butonul DRC  din bara cu unelte.

Pentru realizarea verificărilor electrice

1 Din meniul Auto, se alege Design Rule Check, comandă în urma căreia se deschide fereastra de dialog Check Design Rules, fig. 3.1.

2 Se selectează din opțiunile avute la dispoziție ca parametri dorim să verificăm și se închide fereastra cu OK. Programul trece la efectuarea verificărilor și marchează erorile cu marcaje de formă circulară.

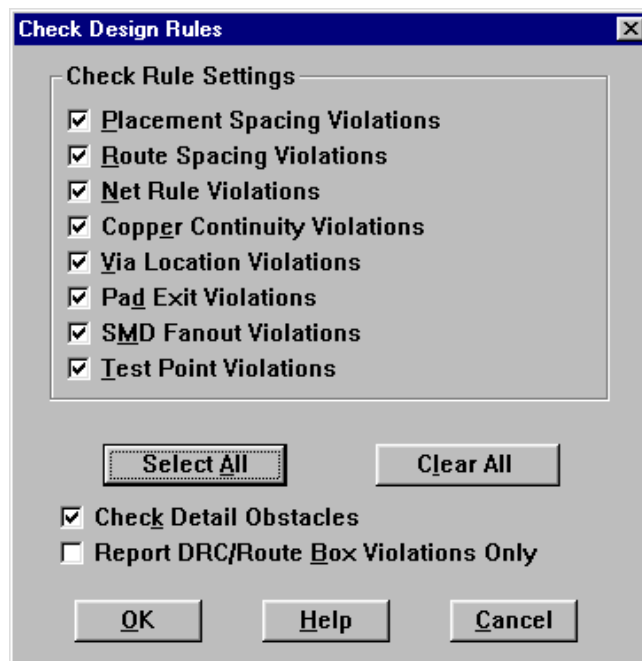


Fig. 3.1 Fereastra Check Design Rules

În continuare detaliem opțiunile din fereastra Check Design Rules.

Zona Check Rule Settings

Placement Spacing Violations

Prin selectarea acestei opțiuni se verifică spațiile dintre. Erori se semnalează dacă contururile de plasare se suprapun, dacă un contur de inserție se suprapune cu un contur de plasare sau dacă nu sunt respectate restricțiile de înălțime.

Route Spacing Violations

Opțiunea Route Spacing Violations verifică concordanța dintre spațiile efective dintre rutele de pe placă și cele definite în tabela Route Spacing. În mod normal programul de rutare automată nu produce violări ale regulilor de spațiere, aceste erori fiind generate de obicei prin operații manuale.

Net Rule Violations

Cu această opțiune selectată programul verifică corespondența dintre parametrii arborilor de conexiune și tabela Nets.

Copper Continuity Violations

Cu această opțiune selectată programul verifică ariile de cupru care sunt asociate cu semnale incorecte, de exemplu o arie cu rol de radiator termic care este legată la un semnal ce ar putea produce scurtcircuit. Programul semnalează de asemenea ariile de cupru izolate, fără conexiune electrică.

Via Location Violations

Cu această opțiune selectată, programul verifică dacă pozițiile și spațiile asociate găurilor de trecere sunt în conformitate cu cele specificate.

Pad Exit Violations

Cu această opțiune selectată se verifică dacă ieșirile rutelor din pad sunt în conformitate cu cele stabilite în tabela Footprints. Modul de ieșire din pad a unei rute depinde de forma padului.

SMD Fanout Violations

Cu această opțiune selectată se permite verificarea arborilor de conexiune declarați ca activi în tabela Nets care pornesc dintr-un pad SMD și nu se opresc pe un pad “through hole” sau pe o via, conform principiului “fanout”.

Test Point Violations

Prin selectarea acestei opțiuni se verifică dacă fiecare arbore de conexiune care trebuie să conțină punct de test îl conține în realitate.

Check Detail Obstacles


Un articol de tip “detail obstacle” este un articol de tip contur (obstacol) care e utilizat de obicei pentru masca de inscripționare, desene de găurire sau desene de asamblare și poate fi asociat capsulelor. Fiind pe masca de inscripționare nu produce erori electrice, dar verificarea este utilă pentru a observa suprapuneri cu zonele de lipire.

Report DRC/Route Box Violations Only

Atunci când se selectează această opțiune programul verifică numai zona din aria DRC/Route box, cu scopul măririi vitezei de lucru.

Lansarea comenzii cu ajutorul butonului DRC din bara cu unelte realizează verificarea pe baza opțiunilor deja existente în fereastra Check Design Rules, fiind echivalent cu butonul OK din această fereastră.

Examinarea erorilor

Pentru identificarea tipului de eroare se poate utiliza tabela Error Markers care se deschide utilizând butonul Spreadsheet , urmat de Error Markers. În figura 3.2 este prezentată o porțiune din tabela Error Markers unde se pot examina coordonatele erorii, tipul de eroare precum și articolele implicate în generarea respectivei erori.

Error Markers		
Location	Type	Comment
[750,1450]	Route Spacing Error	"IC1.27" to "C13.1" Net "N09850"; "C28.1" Net "+5V"
[1350,2300]	Route Spacing Error	"C9.2" to "IC1.19" Net "N14843"; "X2.2" Net "N13833"
[2700,3525]	Route Spacing Error	"IC3.22" to "IC2.4" Net "N33003"; "IC3.21" to "IC2.40" Net "A10"
[2700,3525]	Via Spacing Error	"IC3.21" to "IC2.40" Net "A10"; "IC3.22" to "IC2.4" Net "N33003"
[3180,1520]	Via Spacing Error	"IC3.16" to "IC2.25" Net "D3"; "IC3.17" to "IC2.24" Net "D2"
[1625,1500]	Route Spacing Error	"IC1.22" to "IC2.11" Net "N11479"; "IC2.13" to "R6.2" Net "R"

Fig. 3.2 Tabela Error Markers

În figura 3.3 este prezentată modalitatea de afișare a erorilor. Se poate observa la pastila din stânga a condensatorului C28 apropierea de traseul înclinat la 45°, aceasta fiind prima eroare semnalată în tabela din figura 3.2.

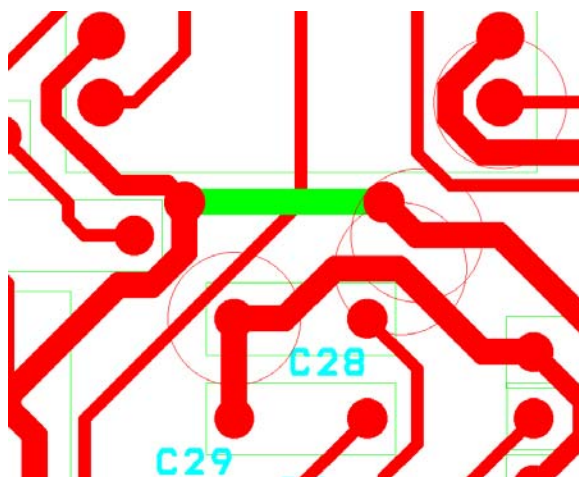


Fig. 3.3 Marcaje de eroare

Un alt mod de identificarea a tipului de eroare se poate face prin utilizarea ferestrei Query, după procedura descrisă în cele ce urmează. Fereastra Query se afișează prin apăsarea butonului corespunzător din bara cu unelte sau se poate alege comanda Query Window din meniul View. Se apasă apoi butonul Error din bara cu unelte sau se alege din meniul Tools opțiunea Error urmată de Select Tool. Se selectează cu mouse-ul un marcaj circular de eroare. În fereastra Query apare o descriere a tipului de eroare. Informații suplimentare se pot obține printr-un “click” în fereastra Query asupra textelor aflate între ghilimele. Dacă se face click în fereastra Query pe câmpul “Location” se afișează un marcaj tip miră în poziția articolului respectiv.

Ștergerea marcajelor de eroare

Ștergerea marcajelor de eroare se face cu scopul de a “curăța” aria de lucru de marcasele circulare și pentru a permite trecerea la repararea erorilor. Pentru aceasta se utilizează tot operația Design Rule Check cu toate opțiunile deselectate.

O altă variantă de ștergere a marcajelor este posibilă utilizând tabela Error Markers. Pentru aceasta se selectează eroarea dorită în prima coloană a tabelului (Location) și se apasă tasta Delete.

Operația de eliminarea a erorilor Remove Violations

Selectând din meniul Auto comanda Remove Violations cu opțiunea Board sau DRC/Route Box se rulează un algoritm de eliminare a erorilor. Comanda de eliminare a erorilor se poate lansa și selectând opțiunea Auto CDE în fereastra de dialog Edit Route Pass.

Prin aceste comenzi programul baleiază zona de interes (placa sau aria DRC) și acolo unde sunt violări ale spațiilor între rute șterge (“rip-up”) un număr minim de segmente de rută ca să elimine erorile. Prin examinarea plăcii se identifică conexiunile nerutate și se reia procesul de rutare. De asemenea, se pot deplasa componente pentru a elimina violările de spațiere ale acestora. Operația Remove Violations se poate utiliza și pentru a estima efortul de corecție necesar în urma unei acțiuni ECO (Engineering Change Order) de adăugare de componente suplimentare.

Atenție! Operația, contrar primei impresii, nu corectează automat spațiile între articole ci șterge segmentele de rută care au provocat violări ale spațiilor. Din cauza dificultății de a identifica modificările realizate de această operație, modificări în urma cărora se pot șterge rute întregi, sau se pot deplasa componente recomandăm rularea ei cu precauție și numai în interiorul ariei DRC pentru a avea un control asupra zonei de acțiune a comenzii.

VERIFICĂRI ȘI OPERAȚII FINALE ASUPRA STRUCTURII DE INTERCONECTARE

Încheierea etapelor de realizare a structurii de interconectare nu reprezintă punctul terminus al procesului de obținere a fișierului-placă virtual. Este bine să se realizeze câteva operații finale a căror importanță va ieși în evidență abia în momentul închiderii buclei PCB, adică în momentul în care proiectantul va primi pe masa de lucru placa de circuit imprimat executată. Principalele etape ce pot fi urmat în acest sens sunt: Verificarea dimensională a plăcii, plasarea găurilor de prindere, plasarea textelor de recunoaștere și a marcajelor tehnologice, plasarea marcajelor de aliniere poziționarea corectă a numelor componentelor.

În încheiere, se vor face în mod obligatoriu, din nou, verificări DRC pentru a ne asigura că prin operațiile în care s-a intervenit asupra layout-ului nu s-au produs erori. Pentru exemplificarea acestor operații finale ne vom referi la placa prezentată în figura 3.4.

prinderea plăcii și abia apoi să facă plasarea găurilor de prindere. Figura 3.4 prezintă o placă de circuit imprimat având găurile de prindere plasate în cele 4 colțuri. Nu se poate spune că acest caz este unul uzual, deoarece în multe situații găurile de prindere au poziții dintre cele mai variate, unele chiar bizare la prima vedere, poziții aflate în conformitate cu diferitele forme ale șasiurilor utilizate, vezi cazul găurilor de fixare a plăcii de bază de carcasa calculatoarelor personale.

Din punct de vedere al programelor CAD găurile de prindere sunt componente care trebuie plasate în aria de lucru. Diametrul de găurire al acestor componente se declară de regulă mai mare decât diametrul de cupru al pastilei, pentru a nu avea zonă de cupru în jurul găurii. În programul CADSTAR trebuie realizată mai întâi componenta respectivă în biblioteca PCB.LIB și apoi plasată prin comanda ADD COMPONENT. Programul ORCAD are în biblioteca LAYOUT.LLB 3 componente cu o singură pastilă numite MTHOLE –Mounting Hole.

Plasarea textelor de identificare și a marcajelor tehnologice

După încheierea etapelor de realizare a structurii de interconectare, proiectantul trebuie să scrie texte de recunoaștere pe cele două fețe (straturi) ale plăcii (sau pe fețele exterioare, dacă aceasta are mai multe straturi). Aceste texte vor trebui să cuprindă pe ambele fețe (dacă acest lucru este posibil) informații cum ar fi: numele firmei sau întreprinderii, numele secției sau laboratorului (eventual), numărul reviziei (ex: rev. 1, rev. 2.3, etc., pentru identificare, în cazul unei modificări ulterioare a plăcii).

Dacă s-a realizat o placă standard, având componente cu montare prin inserție, utilizatorul va putea remarca două fețe distincte: fața cu componente (*component layer, component side*) și fața cu lipituri (*solder layer, solder side*). În aceste condiții el va trebui să scrie aceste texte de recunoaștere pe fețele corespunzătoare (figura 3.4). În cazul modulelor SMT, unde componentele se pot găsi pe ambele fețe, iar lipiturile la fel, cele două straturi exterioare se pot numi de exemplu: fața A (*A layer, A side*) și fața B (*B layer, B side*). Atragem atenția că aceste texte, dacă sunt plasate pe layer-ul TOP, deci vor fi realizate din cupru, pot genera violări ale spațiilor, la limită chiar scurt-circuite. Deci, trebuie acordată o atenție deosebită la plasarea acestor texte în zonele libere ale plăcii.

Dacă este disponibilă, se poate utiliza și o siglă grafică a producătorului sau la cerere a beneficiarului respectivului circuit imprimat. În prezent programele CAD în domeniul PCB nu permit importul de articole grafice de tip bitmap. În aceste condiții sigla trebuie realizată ca o componentă separată, fără pastile și cu detaliile grafice corespunzătoare. Anumite programe permit importul unor desene în formatul DXF, format larg utilizat în proiectarea mecanică.

Plasarea marcajelor de aliniere

Marcajele de aliniere sunt caractere alfanumerice (* , + , @) sau reprezentări grafice de tip țintă, stea, etc.) ce se plasează în exteriorul plăcii, în zona colțurilor (sau în apropierea conturului, la plăcile rotunde). Aceste marcaje se plasează pe toate straturile de lucru, inclusiv cele neelectrice și servesc la alinierea tuturor filmelor (măștilor, etc.) plăcii de cablaj imprimat proiectate (figura 3.4). În vederea evitării unor confuzii, marcajele de aliniere trebuie plasate asimetric iar numărul lor este bine să fie impar. Respectarea alinierii este foarte importantă, lipsa ei putând duce la compromiterea totală a plăcii fizic realizate.

De obicei un marcaj cuprinde în interiorul său și o gaură care servește tot la realizarea alinierii straturilor, prezența ei fiind deosebit de utilă pentru obținerea unei alinieri finale care să corespundă exigențelor asociate structurilor de interconectare multistrat. Cu toate acestea, nu reprezintă o greșală utilizarea ei la cablaje dublu strat. Respectiva gaură se recomandă a avea un diametru egal cu diametrul minim al găurilor practice în scopuri electrice sau mecanice. Aceste detalii este bine să fie stabilite de comun acord între proiectantul și fabricantul respectivului circuit imprimat.

Poziționarea numelor componentelor

Este bine ca numele componentelor să fie plasate în locuri care să permită o citire cât mai ușoară a lor. Acest lucru este util în ideea realizării măștii de inscripționare (*silk-mask*, *silk-screen*-cu ajutorul căreia se imprimă pe fața cu componente (uneori și pe fața cu lipituri) desenul de culoare deschisă (în general albă, galbenă) care specifică poziția și numele componentelor pe placă.

Deoarece în anumite situații (la componentele rotite, de exemplu) numele vor fi găsite răsturnate iar în zonele cu densitate mare de componente ele vor fi suprapuse, este util să se aloce timp pentru o aranjare cât mai bună a acestora pentru a fi evitate marcajele ilizibile.

Nu există reguli pentru plasarea textelor cu numele componentelor, dar este bine să se respecte aceeași regulă pe toată placa respectivă, de exemplu texte orizontale plasate în partea din stânga sus față de componentă combinate cu texte verticale lizibile de jos în sus.

În același timp, trebuie să se țină seama de utilitatea textelor de identificare a componentelor. Ele sunt utile în procesul de plantare a componentelor dar și în cel de testare sau depanare. Deci, este normal ca textele să fie vizibile și după plantarea componentelor, ele trebuind să fie plasate în exteriorul conturilor componentelor. Aici se pot crea unele confuzii deoarece în practică este utilizat și un desen numit desen de asamblare (*assembly drawing*) la care numele componentelor se plasează în centrul componentelor. Atragem atenția încă o dată că poziția corectă a textelor la realizarea măștii de inscripționare este în exteriorul conturului componentelor.

Este bine ca în momentul aranjării textelor să fie afișate și pastilele componentelor, eventual și găurile de trecere. Este bine ca inscripționările cu numele componentelor să nu se suprapună cu pastilele de lipire deoarece, pe lângă faptul că citirea lor va fi dificilă, cerneala utilizată poate fi înglobată în aliajul de lipit, cu efecte negative asupra calității lipiturii.

Grosimea peniței de trasare pentru masca de inscripționare va fi în mod uzual aleasă între 8 și 25 de mils, în funcție și de înălțimea textelor, care este în general cuprinsă între 50 și 300 de mils.