

## TEHNICI CAD PENTRU MODULE ELECTRONICE LUCRAREA DE LABORATOR nr. 8

### Rutarea unei plăci de circuit imprimat în blocul OrCAD Layout – partea II

**I. Scopul lucrării:** Scopul lucrărilor de laborator nr. 7 și 8 este de a prezenta modalitățile prin care se poate realiza rutarea conexiunilor electrice de pe o plăcuță de circuit imprimat în OrCAD Layout. În cadrul lucrării nr. 8 se vor discuta modalitățile de rutare interactivă și automată precum și modul în care poate fi printat cablajul sau alte fețe utile.

#### II. Aspecte teoretice

##### 1. Pregătirea proiectului pentru rutare

Înainte de a începe o operație de rutare interactivă sau automată este obligatoriu să se parcurgă o serie de etape pentru a seta programul Layout conform necesităților circuitului imprimat care se proiectează.

Rutarea interactivă sau automată presupune două categorii de setări pregătitoare.

Prima categorie conține aceleași etape ca în rutarea manuală: definirea layerelor în mod corespunzător ca fiind active pentru rutare sau inactive, definirea găurilor de trecere, verificarea și alocarea proprietăților net-urilor și verificarea definirii corecte a spațiilor din cadrul plăcii.

A doua categorie este formată din următoarele etape:

- definirea ariei DRC;
- editarea parametrilor de baleiaj la rutare;
- editarea parametrilor de rutaj în cadrul layer-elor.

##### 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 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.

### Editarea parametrilor de baleiaj la rutare

Un proces de baleiere (“sweep”) reprezintă deplasarea ferestrei active de rutare pe întreaga suprafață a plăcii în vederea realizării unui procent de rutare complet. Parametrii care trebuie setați în mod uzual sunt mărimea ferestrei DRC și direcția de baleiere.

Se deschide mai întâi tabela *Route Sweep* (figura 8.1) 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. 8.1 Tabela „Route Sweep”

Setările pentru *Sweep 0* influențează procesul de rutare în mod interactiv sau în modul de rutare manuală. Programul de rutare automată utilizează setările definite pentru *Sweep 1* până la *Sweep 6*.

*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. Dacă după rularea 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* (figura 8.2) care se deschide prin dublu click pe rândul de interes.



Fig. 8.2 Fereastra de dialog „Sweep Edit”

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. 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. De asemenea, se recomandă utilizarea unei dimensiuni maxime a ferestrei DRC, atât cât permite memoria calculatorului. Se obțin rezultate mai bune dacă fereastra DRC acoperă întreaga placă, programul găsiind cele mai bune traiectorii de rutare.

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 Passes* care se deschide din meniul “Options” alegând “Route Strategies” și apoi “Route Pass” (figura 8.3). Din această tabelă se pot activa sau dezactiva procesele de baleiere “sweep” precum și trecerile în cadrul fiecărui proces.

Name	Enable	Via Cost	Retry Cost	Route Limit	Route Attempts	Options
WinCamp						
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. 8.3 Tabela „Route passes”

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.

De obicei nu se obține o îmbunătățire prin rularea mai multor treceri ale unui proces de baleiere a plăcii. Fereastra “Edit Route Pass” (figura 8.4) se deschide prin dublu click pe linia de interes a tabelului.

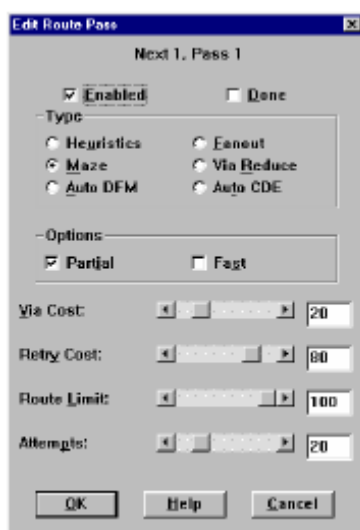


Fig. 8.4 Fereastra „Edit Route Pass”

## Editarea parametrilor de rutaj în cadrul layer-elor

Tabela *Route Layer* (figura 8.5) 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 8.6).

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

Fig. 8.5 Tabela „Route Layer” când sunt active două layere pentru rutare

*Layer Cost* determină o preferință a layerelor pentru a fi utilizate pentru rutare. În mod implicit tuturor layerelor li se acordă o valoare de 50. Un cost mai redus face ca acel layer să fie preferat pentru rute. Un cost mai ridicat va duce la evitarea pe cât posibil a layerului respectiv.

*Primary Direction* determină “polarizarea” layerelor, adică specificarea unei direcții prioritare (majoritare) pentru rute. Pentru layerele 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 layerul respectiv.

*Between Pins* configurează costurile asociate cu trecerea rutelor printre pastile cu centrele situate la mai puțin de 2,54mm. 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 procedeul 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.



Fig. 8.6 Fereastra “ Edit Layer Strategy”

### 2. Rutarea interactivă în modul *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 modul de lucru *Shove Track* programul împinge rutele existente din calea rutei aflată în editare.

### 3. Rutarea interactivă în modul *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 click pe o conexiune, programul rutând respectiva conexiune în mod automat.

### 4. Rutarea automată

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. De cele mai multe ori rutarea este îmbunătățită spectaculos dacă activitățile pregătitoare nu sunt uitate sau tratate superficial.

Alte comenzi importante care se găsesc în meniul “Auto” sunt: “Unroute Segment” – utilizată pentru a șterge segmentele rutate anterior, “Unroute board”

– pentru ștergerea tuturor traseelor de pe plăcuță și “Unroute Net” pentru ștergerea tuturor rutelor din conexiunea selectată.

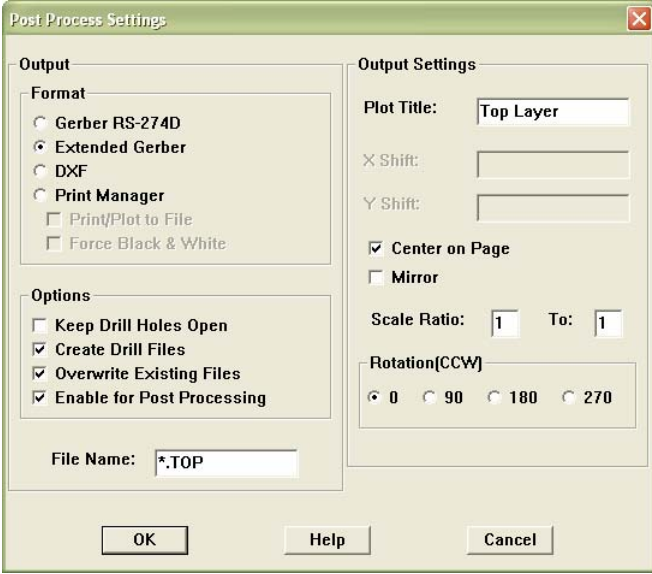
### 5. Printarea cablajului sau a altor fețe utile

Printarea cablajului sau a altor fețe utile presupune mai întâi realizarea unor setări pregătitoare. În acest scop se accesează meniul „Windows” și se selectează fereastra „Post Process” care este prezentată în figura 8.7. Se poate observa că fereastra conține o tabelă cu toate layer-ele proiectului. Setările se vor face individual pentru fiecare layer care se printează. În acest scop se execută dublu click pe linia corespunzătoare layer-ului ceea ce determină apariția ferestrei „Post Process Settings” prezentată în figura 8.8.



Plot output File Name	Batch Enabled	Device	Shift	Plot Title
*.TOP	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Top Layer
*.BOT	Yes	PRINT MANAGER	No shift 2:1 Mir	Bottom Layer
*.GND	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Ground Plane
*.PWR	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Power Plane
*.IN1	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 1
*.IN2	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 2
*.IN3	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 3
*.IN4	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 4
*.IN5	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 5
*.IN6	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 6
*.IN7	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 7
*.IN8	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 8
*.IN9	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 9
*.I10	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 10
*.I11	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 11
*.I12	No	EXTENDED GERBER	No shift	Inner Layer 12
*.SMT	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Soldermask Top
*.SMB	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Soldermask Bottom
*.SPT	No	EXTENDED GERBER	No shift	Solder Paste Top
*.SPB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Solder Paste Bottom
*.SST	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Silkscreen Top
*.SSB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Silkscreen Bottom
*.AST	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Assembly Top
*.ASB	No	EXTENDED GERBER	No shift	Assembly Bottom
*.DRD	Yes	EXTENDED GERBER	No shift	Drill Drawing

Fig. 8.7 Fereastra “Post Process”



**Post Process Settings**

**Output**

Format

Gerber RS-274D

Extended Gerber

DXF

Print Manager

Print/Plot to File

Force Black & White

Options

Keep Drill Holes Open

Create Drill Files

Overwrite Existing Files

Enable for Post Processing

File Name: \*.TOP

**Output Settings**

Plot Title: Top Layer

X Shift:

Y Shift:

Center on Page

Mirror

Scale Ratio: 1 To: 1

Rotation(CCW)

0  90  180  270

OK Help Cancel

Fig. 8.8 Fereastra „Post Process Settings”

În partea stângă a ferestrei se poate alege tipul de procesare. Pentru a tipări trebuie selectată opțiunea *Print Manager*.

Opțiunea *Keep drill holes open* determină tipărirea layer-ului astfel încât în dreptul găurilor se lasă zonă liberă, albă.

După ce au fost selectate opțiunile dorite, se închide fereastra și se execută click dreapta pe layer-ul respectiv. Din meniul contextual se alege *Plot to Print Manager* ceea ce determină apariția unei ferestre clasice de printare.

### III. Desfășurarea laboratorului

1. Să se proiecteze montajul din figura 8.9. Plăcuța de circuit imprimat va avea o formă pătrată cu dimensiunea 5cm x 5cm. Conectorul de alimentare se va plasa în partea stângă sus iar conectorii de ieșire vor fi amplasați în partea inferioară centrală. Toate trasele au grosimea de 1mm iar toate spațierile sunt la 1,5mm.

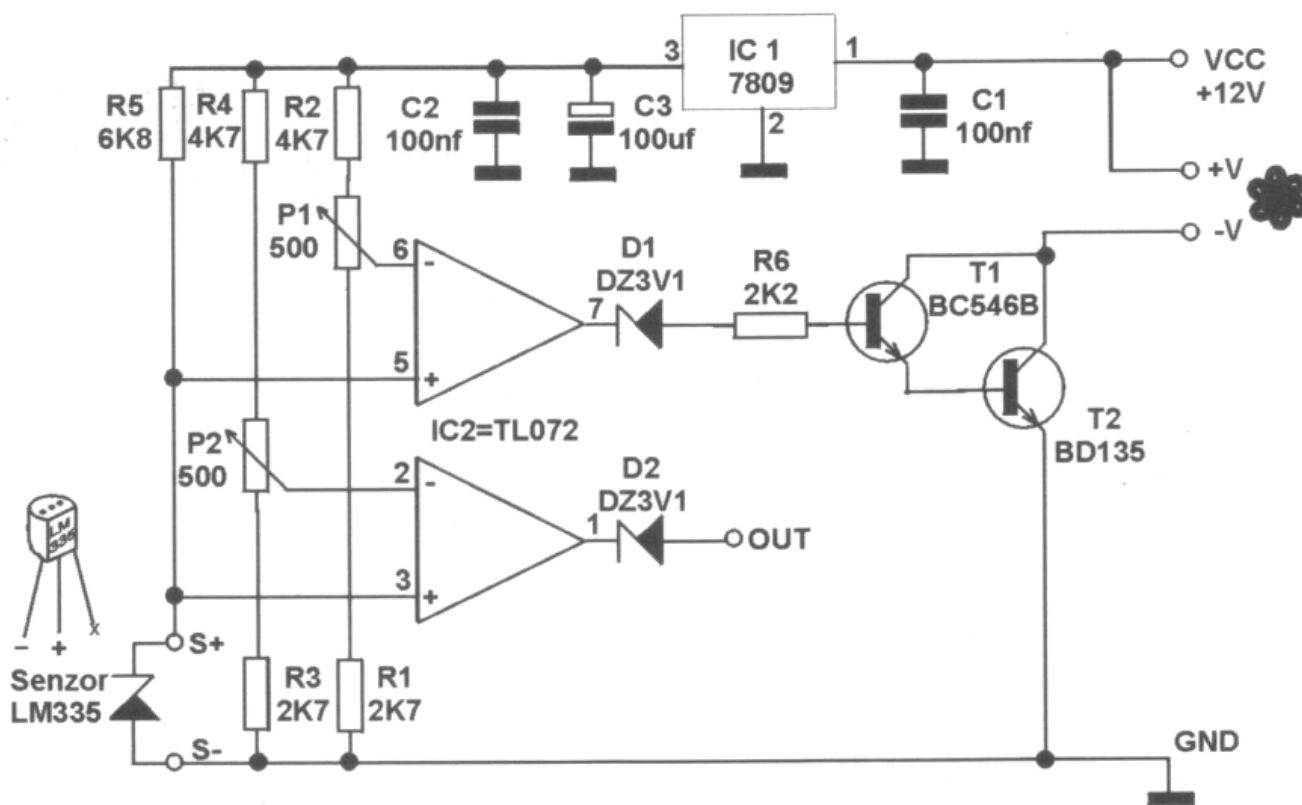


Fig. 8.9