

**Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing****2.2. Cum putem fabrica un prototip sau o serie redusă de produse?**

Pentru a fabrica prototipul unui produs sau o serie redusă de produse electronice trebuie avut în vedere următoarele probleme:

- cutia, carcasa în care va fi găzduit modulul electronic (*enclosure*);
- suportul pe care va fi realizat circuitul;
- lipirea componentelor electronice.

Carcasa

Dacă nu există constrângerea ca prototipul să fie introdus într-o anumită incintă dată, ceea ce sigur va da bătăi de cap pentru proiectant, este preferabil a se cumpăra o cutie gata făcută (probabil, o variantă mai scumpă). Carcase de diferite mărimi, din material plastic sau metalice sunt disponibile la furnizorii de componente (numai în București sunt câteva: ECAS, Comet, Conex Electronic, Syscom 18) pentru diverse utilizări: exterior, interior, portabile, montabile pe diferite structuri, etc (fig.2.2.1).



Fig.2.2.1. Carcase din plastic diferite prefabricate

Cablajul imprimat

Suportul circuitului poate fi un cablaj prototip sau unul dedicat aplicației. Cablajul prototip este fabricat de diverse firme și constă din găuri de diametru fix dispuse într-o rețea cu pasul de un modul (2.54 mm) prin care se pot planta componente cu montare prin gaură și care vor fi lipite pe partea opusă. Pentru aceasta, găurile au coroane de cupru nefinisat, eventual grupuri ordonate de găuri adiacente pot fi unite între ele prin trasee. Cablajele pot fi pe un singur strat sau pe două straturi, în acest al doilea caz găurile de trecere sunt metalizate (fig.2.2.2).



Fig.2.2.2. Cablaje imprimate prototip

Un model mai avansat de cablaj prototip este prezentat în fig.2.2.3. El este realizat pe un suport izolanț din blocuri cu canale conductoare și găuri de inserție a terminalelor componentelor. Pe fiecare parte a suportului sunt două canale lungi care sunt utilizate pentru multiplicarea alimentării. Componentele inserate nu se lipesc, iar conexiunile între ele se stabilesc prin canalele plăcii și prin adăugarea de fire săritoare între punctele necesare realizării schemei electrice dorite.

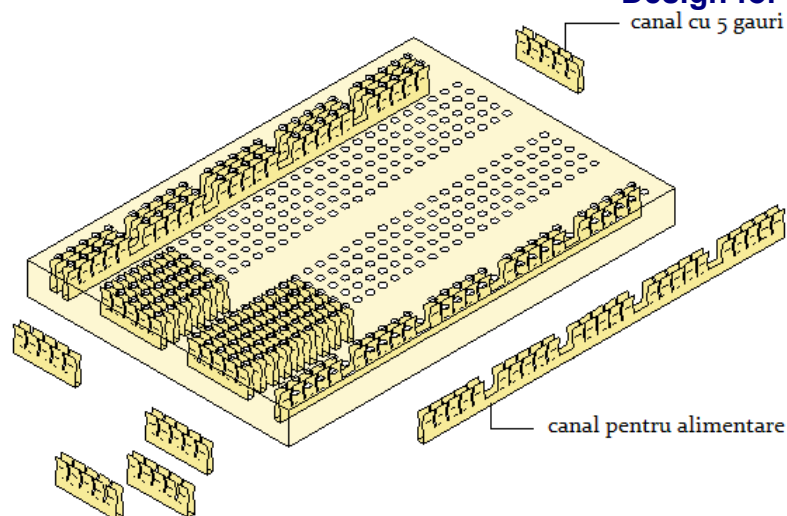
Proiectarea pentru fabricație –
Design for manufacturing

Fig.2.2.3. Circuit prototip

Pentru un model experimental, prototip sau chiar pentru o serie mică de produse circuitul de cablaj imprimat se poate face ieftin, simplu și cu bune rezultate prin **metoda Apasă și desprinde (Press and Peel, PnP)**. Aplicarea metodei nu ia mai mult de 15 minute per total. Aceste cablaje nu pot concura calitativ cu cele realizate prin metode fotografice, dar în multe cazuri primează timpul de realizare și nu e nevoie de o înaltă calitate.

Materialele necesare aplicării metodei:

- folie de polycarbonat PnP-Blue (fig.2.2.4);
- imprimantă laser;
- fier de călcat;
- baie de corodare (clorură ferică sau acid clorhidric cu apă oxigenată) care trebuie pregătită conform prescripțiilor producătorului;
- placa de cablaj;
- praf de curățat, hârtie abrazivă fină, solvent organic, creion cu tuș special.

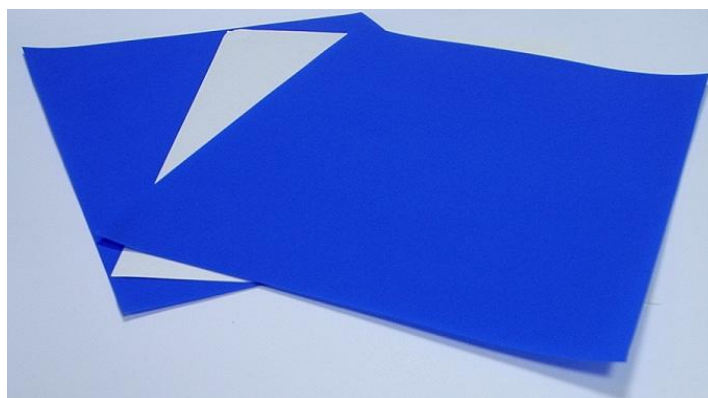


Fig.2.2.4. Folii PnP Blue si White

Metoda se bazează pe transferul prin căldură a unei substanțe rezistente la acțiunea agentului de corodare de pe o folie pe placa de cablaj imprimat. Substanța folosită este stratul albastru al foliei PnP-Blue, strat care se lipește de placă prin intermediul tonerului de la imprimanta laser. După cum se știe, în imprimantele cu laser unde există un tambur fotosensibil din seleniu pe care raza laser trasează urme de imprimare. Acest tambur se impregnează apoi cu toner, care aderă numai la zonele desenate (electrizate) anterior de raza laser și, rotindu-se, transpune tonerul pe folia PnP-Blue. Tonerul este o pudră alcătuită din particule de polietilenă, oxizi de fier, lubrifianți, diferite materiale triboelectrice și carbon, care-i și conferă culoarea neagră. Datorită structurii sale chimice superficiale, tonerul de pe tamburul de seleniu se transpune pe folie unde se fixează, dar nu definitiv. Sub acțiunea căldurii intense produse de un fier de călcat tonerul se topește din nou lipind, după răcire stratul

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

protector (albastru) al foliei de cablaj imprimat. La îndepărtarea foliei, după răcire, stratul albastru protector va rămâne pe cablaj doar în zonele unde a fost imprimată cu toner (de fapt unde a fost lipită). Aceasta va fi zona ce va rezista la corodare. Totodată, tonerul nu este solubil în apă astfel că spălarea cu jet de apă a foliei sau cablajului nu îndepărtează stratul depus.

Realizarea circuitului presupune mai mulți pași:

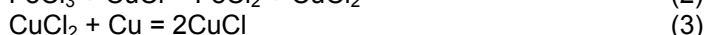
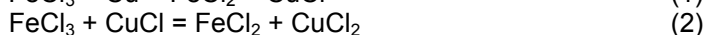
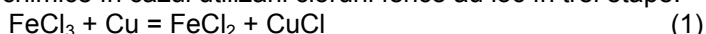
- generarea desenului de cablaj, care poate fi realizat prin folosirea oricărui program CAD ce are facilitatea de imprimare. Desenul cablajului trebuie astfel realizat încât traseele (deci părțile ce nu se vor coroda) să fie desenate cu negru (desenul „pozitiv”);

- transferul desenului de cablaj pe partea mată a foliei PnP: folia (recomandabil, una singură) se dispune în imprimantă sau în xerocopiator ca și foile normale de hârtie. Imprimanta sau xerocopiatorul trebuie reglate pe contrastul maxim, dar astfel încât pe zonele ce trebuie să se corodeze să nu fie depuneri de toner. Desenul cablajului de pe folia PnP ieșită de la imprimantă trebuie să arate ca și cum s-ar vedea traseele (prin transparență) dinspre partea cu piese (desenul „oglinzit”). Desenul cablajului se decupează, lăsând o bordură de circa 5 mm pentru ușurința plasării lui pe placa de cablaj;

- pregătirea suprafeței de cablaj imprimat (curățarea cablajului cu ajutorul unui praf de curățat sau cu o hârtie abrazivă fină; se poate curăța și printr-o cufundare de 30 secunde într-o baie de corodare);

- transferul desenului de pe folia PnP (cu fața desenată în jos) pe fața metalizată a cablajului imprimat astfel încât desenul să atingă cuprul. Acest ansamblu se plasează pe o placă de bachelită, lemn sau oricare alt termoizolator (pentru a nu se pierde prea repede căldura fierului de călcat). Cu fierul încins (se porneste cu temperatura necesară tesăturilor din nylon) se apasă peste folie, începând de la mijlocul ei, până când se lipește și se merge progresiv spre margini. Procesul poate să dureze circa 2 - 4 minute pentru o placă de 100x100 mm, depinzând și de temperatura fierului. Desenul traseelor va transpare și se va vedea la un moment dat și pe spatele foliei, unde se plimbă fierul de călcat. Se verifică dacă traseele transpar peste tot și se asigură astfel dacă s-a trecut peste tot cu fierul. După răcire se îndepărtează încet folia de pe cablaj, începând de la un colț, eventualele greșeli putând fi reparate cu vopsea sau creion cu tuș special, iar placuța poate fi imediat pusă în baie de corodare.

- prelucrarea foliei de cupru: plăcuța astfel pregătită poate fi supusă corodării (specifică metodelor substructive) prin imersia într-o cuvă cu clorură ferică. Au loc reacții chimice determinând îndepărtarea foliei de cupru numai în zonele neacoperite cu stratul protector de fotorezist corespunzând, în cazul fotorezistului negativ, zonelor neexpuse la lumină (deci porțiunilor opace ale fotoșablonului). Reacțiile chimice în cazul utilizării clorurii ferice au loc în trei etape:



Corodarea poate dura zeci de minute și se poate considera încheiată atunci când în zonele neacoperite de fotorezist apare suportul electroizolant al semifabricatului. Procesul trebuie monitorizat la diferite intervale de timp pentru a evita supracorodarea cablajului care determină întreruperea traseelor de cupru. Temperatura optimă a corodantului este de 40 -50 °C, maximum 55 °C. O temperatura mai mare poate duce, de asemenea, la supracorodare. După corodare se îndepărtează tonerul cu un solvent organic, cu praf de curățat sau cu hârtie abrazivă fină.

Recomandări din practică

Temperatura fierului de călcat se alege experimental, ea depinzând și de tipul tonerului. Un fier prea încins poate să ardă sau să înceapă să înnegrească folia. Datorită faptului că talpa fiarelor este ușor convexă, ele trebuie mișcate și plasate pe tot timpul termofixării. Astfel se realizează, prin apăsare contactul mecanic și termic necesar. Se pot lăsa pe colțurile sau marginile desenului marcaje sau trasee fictive (care se vor șterge ulterior) pentru a analiza în timpul termofixării aderența acestora prin ridicarea colțului foliei. Dacă marcajul (traseul fictiv) nu s-a transpus pe cablaj se mai aplică încă o dată fierul de călcat.

Rezultate bune se obțin doar cu imprimante sau xerocopitoare care au stare tehnică bună, sunt bine reglate și au un bun contrast.

Pot fi situații când stratul albastru desprins de pe folie rămâne în locuri nedorite (mai ales în cazul traseelor ce au distanțe mici între ele sau în cazul găurilor pinilor componentelor). Aceste zone de protector albastru, care de fapt nu sunt lipite cu toner de placuță, se pot îndepărta ușor cu o bucată de bandă adezivă (scotch transparent) prin lipire peste zona dorită și smulgere.

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

O altă metodă de realizare a circuitului de cablaj imprimat este prin **frezare cu mașini cu comandă numerică (CNC)**. Un astfel de echipament este prezentat în fig.2.2.5. Echipamentul este asistat de un calculator personal pe care se rulează un program specializat pentru prelucrarea fișierelor CAD și comandă numerică a mașinii de frezat (BoardMaster).



Fig.2.2.5. LPKF Protomat M100

Fișierele necesare sunt Gerberile fețelor cablajului (*Top, Bottom*), precum și fișierul de găurire (*Drl*) carei pot fi generate de oricare program CAD specializat pentru proiectarea circuitelor de cablaj imprimat (OrCAD, Eagle, Proteus, etc). Fișierele se procesează apoi cu ajutorul unui program CAM (CircuitCAM) pentru a putea fi utilizat de aplicația pentru CNC. Se obțin traseele de parcurs pentru

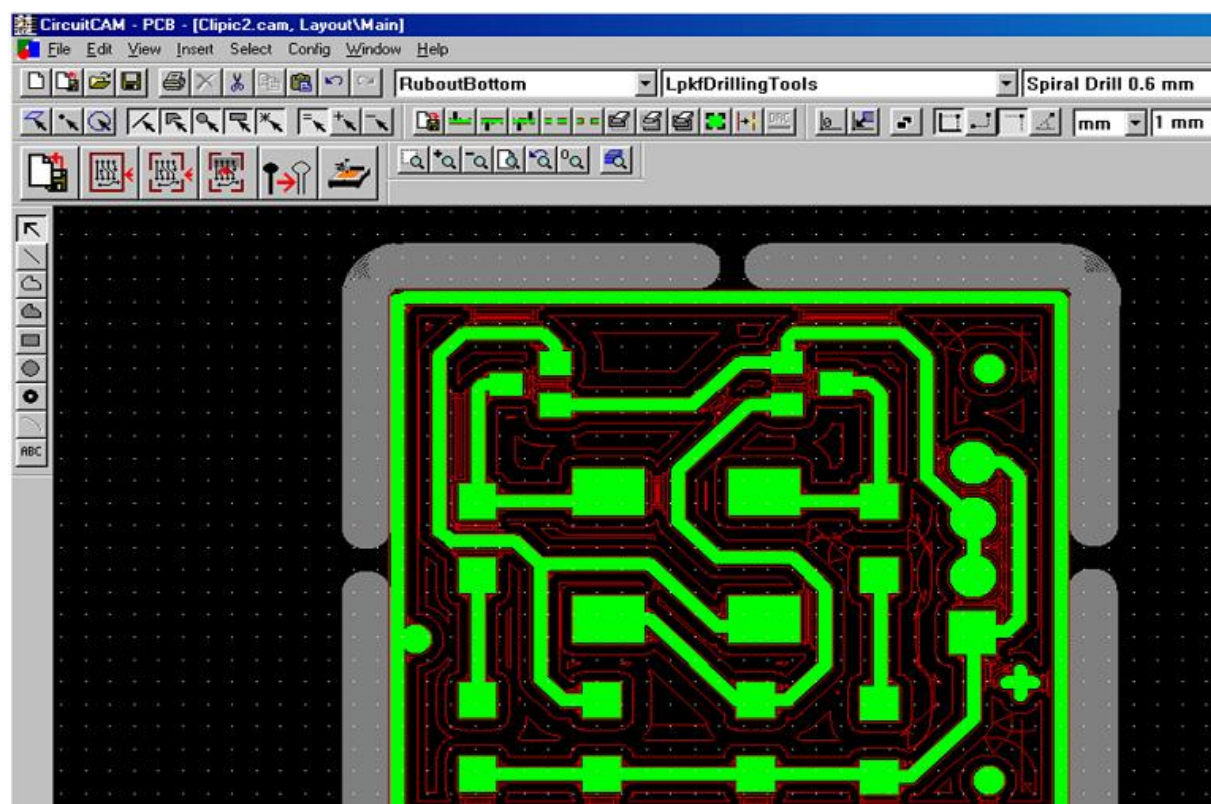


Fig.2.2.6. Interfața grafică CircuitCAM

unelte de frezat (apar cu roșu în fig.2.2.6), respectiv, unelte de tăiat contururile interioare sau exterioare (apar cu gri în aceeași imagine).

Proiectarea pentru fabricație – Design for manufacturing

Se pot realiza cablaje simplu strat și dublu strat (fără găuri metalizate) de mare precizie (până la 0.1 mm). Proiectarea în spiritul conceptului DFM impune luarea aceluiași precauții ca și la realizarea cablajului prin metoda PnP: trecerile să nu fie prin pini de componente și nici sub componente; în plus trebuie ținut cont de spațierea și grosimea minimă care se poate obține cu aceste mașini. În plus, este mai eficientă uniformizarea diametrelor gaurilor pentru a reduce timpul de prelucrare pe care l-ar cere mașina schimbând deseori sculele.

Lipirea componentelor pentru prototip sau o serie redusă de produse se poate face manual sau printr-o firmă specializată în asamblare electronică. Există firme care s-au focalizat pe realizarea de prototipuri și serii foarte mici. Marile companii refuză de cele mai multe ori asamblarea în cantități mici, nefiind contracte profitabile, sau cer prețuri descurajatoare.

Realizarea asamblării electronice s-a abordat în cap.2.1.