

.Această operă creată de [ECOSIGN Sector Skills Alliance](#) este pusă la dispoziție prin Licența [Creative Commons Atribuire-Necomercial-FărăDerivate 4.0 International](#)

Ecodesign-ul dispozitivelor electronice

UNIT 11: Proiectarea asistată de calculator a dispozitivelor electronice

Autor: Simon Pevec.

11.1. Proiectarea asistată de calculator a dispozitivelor electronice	1
11.2. Proiectarea plăcilor cu circuite imprimate	4
11.3. Exemple de utilizare a programului Altium Designer	14

Rezumatul capitolului:

- Instrumente CAD
- Utilizarea instrumentelor CAD pentru plăci cu circuite imprimate
- Instrumente CAD pentru modelare 3



11.1. Proiectarea asistată de calculator a dispozitivelor electronice

CAD-ul asistat de calculator este recunoscut în multe domenii ale industriei. Proiectarea CAD înseamnă a folosi instrumente ale tehnologiilor informaționale IT în procesul de proiectare. Proiectul CAD constă în hardware, software specific și dispozitive externe și interfețe. Nucleul designului CAD este pachetul de programe care utilizează grafica pentru afișare, diferite casete de date și drivere pentru dispozitive periferice. Proiectarea CAD nu modifică procesul de proiectare, dar îl facilitează și accelerează în mod semnificativ. Aceste instrumente sunt foarte eficiente în special la proiectarea dispozitivelor care trebuie să fie eficiente din punct de vedere ecologic. Multe instrumente conțin deja instrumente care ajută la analiza și evaluarea designului ecologic. Unele instrumente conțin, de asemenea, baze de date cu elemente și materiale care fac parte din proiectare. Esența designului CAD este însumată în următoarele puncte:

- Prezentare grafică exactă a produsului. De asemenea, este mai ușor să o analizați, să o modificați sau să o actualizați.
- Permite proiectarea complexă în timp foarte scurt.
- Permite simularea diferitelor evenimente, cum ar fi cele electrice, chimice, termice și mecanice.
- Cu ajutorul instrumentelor de simulare, este mai ușor să se asigure o abordare optimă a designului și a produsului în sine.

Primele instrumente CAD au fost dezvoltate pentru industria spațială și auto. Ulterior, instrumentele CAD s-au extins la alte domenii de inginerie, cum ar fi industria electronică și textilă, ambalaje etc.

Instrumentele CAD au fost inițial destinate automatizării proceselor de proiectare și modelare a sistemelor. Instrumentele CAD moderne acceptă majoritatea activităților în faza de proiectare. Acestea conțin informații privind caracteristicile produsului și materialele folosite. Aceste instrumente servesc, de asemenea, ca o platformă comună pentru schimbul de date între diferite grupuri de proiectare și echipe. Acestea pot conține informații despre producție și sunt adesea numite unelte CAD/CAM (producție asistată de calculator). Imaginea 1 prezintă procesul de proiectare obișnuită și CAM/CAD. Instrumentul CAD reduce timpul de proiectare, ceea ce înseamnă, în consecință, că produsul va fi mai rapid pe piață și că dezvoltarea produsului va fi mai ieftină. Instrumentele CAD salvează, de asemenea, procesul de proiectare, care permite actualizarea mai rapidă și mai ușoară a versiunii inițiale. Imaginea 2 prezintă timpul mediu petrecut pentru proiectarea produsului și utilizarea acestuia. Cu cât timpul de design este mai scurt, cu atât este mai mare utilitatea dispozitivului de pe piață. Această condiție este valabilă numai dacă proiectarea se face corect.



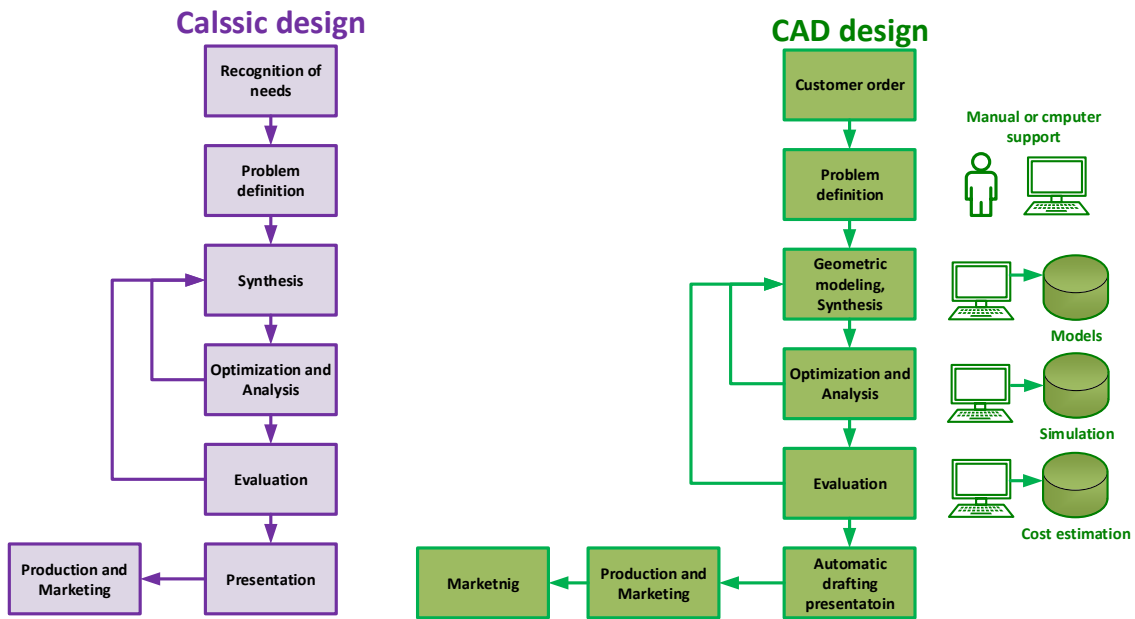


IMAGE 1: EXAMPLE OF CLASSIC AND CAD/CAM DESIGN.

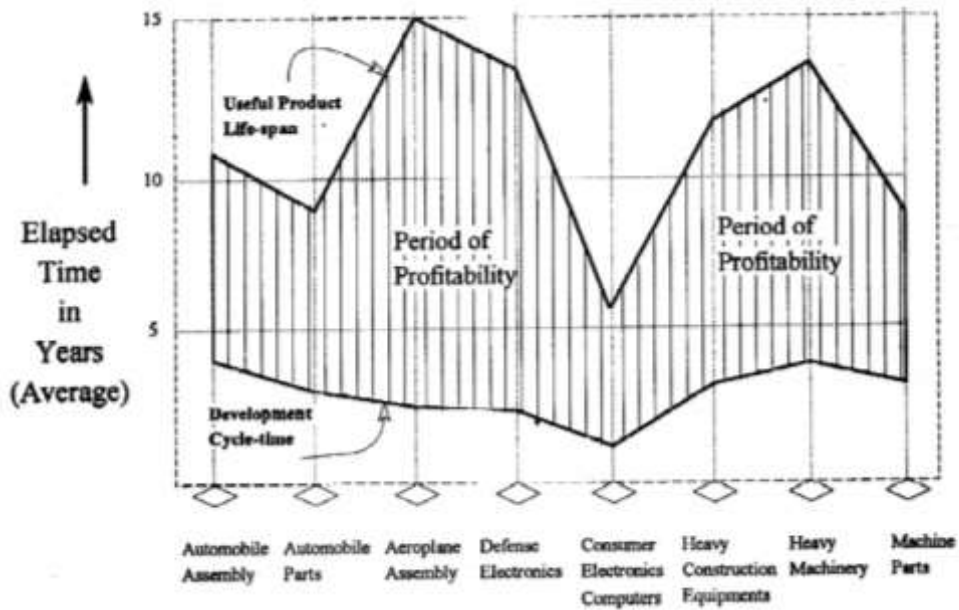


IMAGE 2: AVERAGE TIME OF DESIGN AND PRODUCT USE.

În următorul capitol vom prezenta instrumentele CAD destinate proiectării dispozitivelor electronice.



11.2. Proiectarea plăcilor cu circuite imprimate

Proiectarea plăcilor cu circuite imprimate PCB este sarcina cheie a fiecărui proces de dezvoltare. Circuitul bine conceput și materialele tipărite influențează în sine calitatea și fiabilitatea dispozitivului. Cu procesul de proiectare, determinăm toate elementele și mărimea circuitului. Atunci când alegem dimensiunile componentelor și tipăriturilor, putem îndeplini multe reguli ecologice. De obicei, folosim componente care sunt mai mici, mai puțin consumatoare de energie și circuitele de proiectare care necesită mai puțin spațiu. Astăzi cunoaștem multe tehnologii avansate care permit tipărirea în mai multe straturi. Acestea permit o suprafață mai mică a circuitului și, prin urmare, reduce consumul de material. Pe de altă parte, trebuie să știm că tehnologia de producție este mult mai costisitoare și consumă mai multă energie, care este mai puțin ecologică. Atunci când proiectăm materiale tipărite, trebuie să găsim un compromis între elementele alese și mărimea tipăriturilor, care va avea un impact ecologic mai scăzut în faza de producție. În afară de aceste aspecte, trebuie să luăm în considerare anumite orientări și reglementări privind proiectarea materialelor tipărite cu intenția de a obține fiabilitate și calitate ridicată a materialelor tipărite și a dispozitivului final.

Standardele pentru proiectarea materialelor tipărite sunt monitorizate de asociația IPC. Ele gestionează standardizarea producției de materiale tipărite și utilizarea materialelor. Documentul principal care acoperă proiectarea plăcilor cu circuite imprimate este documentul ICP-2221 - Generic Standard pentru proiectarea circuitelor imprimate.

Pașii standard în designul de materiale tipărite sunt:

- Specificarea proiectului.
- Proiectarea schemei electrice.
- Designul circuitului.
- Prototipuri.
- Testarea.
- Producție.

În prezent, există multe instrumente pe piață care permit proiectarea circuitelor tipărite. Iată câteva dintre cele mai frecvent utilizate:

- **AutoTRAX** (schemă, design PCB cu simulator Spice încorporat)
- **Sistem avansat de proiectare** (destinat pentru electronica RF - telefoane mobile, rețea WiFi, comunicație prin satelit, radare, circuit VF - simulatoare VF)
- **Eagle** (schemă, design PCB, versiune disponibilă gratuită pentru proiecte mai mici, mediu academic, vizualizare 3D etc.).
- **Designer Altium** (folosit pentru a fi Protel, schemele, PCB, suport pentru FPGA - Field Gateway programabil, cu opțiunea de programare, traducerea codului de program, vizualizare 3D)
- **Instrumentele OrCAD** (Scheme, PCB)



- **CADSTAR** (schema, diagrame, PCB, versiunea gratuita disponibila cu functiile de baza CADSTAR Express)
- **KICAD** (mediul cu cod deschis, schema, vizualizarea PCB și 3D)

11.2.1 Proiectarea schemelor electronice

La proiectarea schemelor electronice, este important ca schema să fie organizată, relațiile să fie logice și să fie cât mai puțin posibil. O schemă bună este, de asemenea, concepută astfel încât să fie foarte asemănătoare celei tipărite finale. De exemplu, dacă vrem să punem un condensator lângă o anumită componentă electronică, atunci îl desenăm lângă simbolul sau componenta din schemă. Respectăm regula nescrisă că toate intrările sunt la stânga și toate ieșirile sunt în partea dreaptă a schemei. Dacă este necesar, folosim, de asemenea, comentarii și note. În circuite complexe, definim zone de schemă pentru o mai bună vizibilitate. Toate zonele împreună fac schema completă a dispozitivului. Zonele sunt numai secțiuni virtuale de schemă care rotunjesc părțile circuitelor. De exemplu, desenăm partea de alimentare electrică separat sau pe o anumită zonă a schemei. Partea de comandă este de asemenea proiectată pe aria proprie etc. Imaginea 3 prezintă schema clasică pentru proiectarea plăcilor cu circuite imprimate.

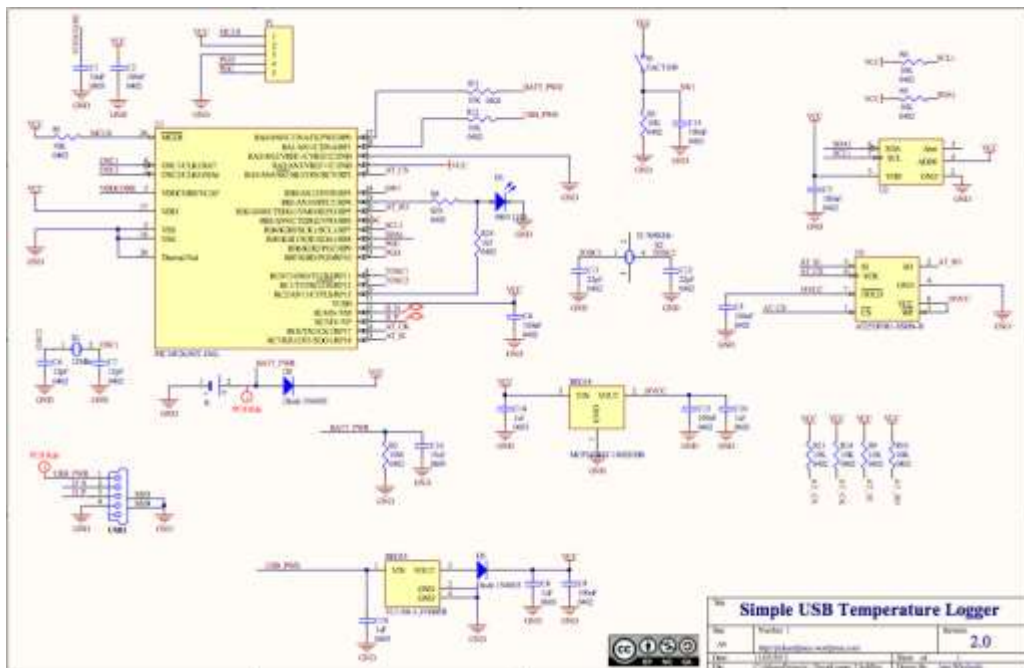


IMAGE 3: SCHEME FOR DESIGNING A PRINTED CIRCUIT BOARD.

11.2.2 Designing printed matter



La fel de important este crearea schemei pentru următorul pas în producția de materiale tipărite. Proiectarea materialelor tipărite constă în aranjarea elementelor și conexiunile dintre ele. Cu producția de materiale tipărite, determinăm aspectul final al materialelor tipărite. În producție, este foarte important să folosim bibliotecile de elemente. În acestea, putem găsi caracteristicile și dimensiunea elementului, precum și numele clemelor conectate. În producția de materiale tipărite trebuie să luăm în considerare următoarele reguli:

- Alegerea tipului de material (material, lățime).
- Un număr de straturi de materiale imprimate.
- Aranjamentul stratului.
- Aranjarea circuitelor pe materiale tipărite.
- Examinarea impactului parazit.
- Aspectul componentelor pe materialele tipărite.

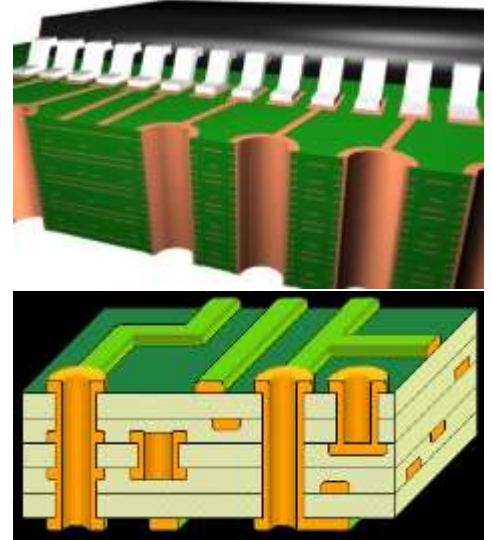


IMAGE 4: PRINTED MATTER - PCB.

În producția de materiale tipărite, întâlnim deseori diferite sisteme metrice. Componentele electronice au de obicei dimensiuni și dispunerea picioarelor de conectare prezentate în unități de inch. În Europa, unitățile metrice sunt utilizate mai des. Inchi-ul este mai des folosit pentru dimensiunile conexiunilor, conectorilor din cupru și plăcuțelor. Unitățile metrice sunt utilizate pentru determinarea dimensiunii orificiilor, dimensiunilor materialelor tipărite și dimensiunilor carcasei circuitelor.

Linii de cupru



Grosimea liniei de cupru este aleasă în funcție de cerințele electrice și de spațiul imprimat. Mai multe linii mai groase oferă răspunsuri mai rapide și rezultate mai bune. Liniile mai groase au o rezistență mai mică și o lungime mai mică, producția lor fiind mai ușoară și mai ieftină, fiind mai ușor de reparat și examinat. Când alegem producătorul de materiale tipărite, trebuie să știm care sunt unele dintre cele mai apropiate linii și cele mai mici distanțe pe care producătorul le poate oferi încă.

De exemplu, oferta 10/8 înseamnă că cutiile de linii pot fi de cel puțin 10 milimetri lățime, iar distanța dintre ele poate fi de cel puțin 8 mil. Ofertele tipice sunt 10/10 sau 8/8. În general, materialele imprimate cu 12/12 pot fi produse de aproape fiecare producător. Standardul IPC recomandă cea mai mică limită de până la 4/4. Distanțele mai mici pot însemna costuri de producere a materialelor tipărite semnificativ mai mari. Un exemplu de bună practică de utilizare a unei linii mai largi și îngustarea acesteia în locurile unde este necesar este prezentat în imaginea 5. În acest fel, putem păstra impedanța totală inferioară.

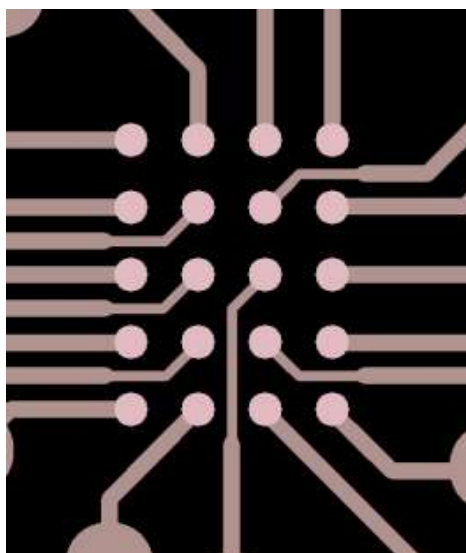


IMAGE 5: EXAMPLE OF NARROWING LINE .

Lățimea și lungimea sârmei sunt determinate de curentul electric și frecvența semnalului electric. Pentru curenții mai mari, se recomandă să folosim linii groase cât mai mult posibil. Mai multe linii înguste au o rezistență mai mare, ceea ce duce la pierderi și la încălzirea nedorită a conductorilor. Tabelul 1 de mai jos prezintă o lățime recomandată a liniei în funcție de curent la o creștere a temperaturii de 10°C.



Curent [A]	Lățimea liniei preferate (mil) 1 mil = 0.0254mm	
	1oz Lățime (μm)	2oz Lățime (μm)
1	350	175
2	1050	525
3	1750	875
4	2800	1400
5	3850	1925
6	5250	2625
7	6300	3150
8	7700	3850
9	9100	4550
10	10500	5250

TABLE 1: COPPER LINE WIDTH IN PRINTED MATTER BY CURRENT.

Rezistența la cupru este calculată cu formula:

$$R = \frac{\rho_{Cu} l}{S}, \quad \rho_{Cu} = 1.724 \times 10^{-6} \Omega cm,$$

Unde R este rezistența, l lungimea, S secțiunea transversală și ρ_{Cu} rezistența specifică la cupru. Lungimea liniei este condiționată de frecvența anticipată a semnalului. Exemplu de bună practică oferă o estimare a lungimii liniei în funcție de frecvența semnalului:

$$L = \frac{1}{20} \lambda = \frac{1c}{20v},$$

unde L este admisibilă lungimea liniei, λ este lungimea de undă, v este frecvența undei, c este viteza luminii. La semnalele de frecvență înaltă, condiția nu poate fi îndeplinită, deci este necesar să se ia în considerare timpul de propagare a semnalului pe linia dată, ceea ce determină întârzierea. În conductoare paralele, este important ca acestea să fie mai scurte și egale în lungime. Cele mai multe pachete de programe corectează lungimile conductorilor critici. La liniile de înaltă frecvență, evităm, de asemenea, conectorii RF, care provoacă perturbații și pierderi de semnal.

Acces de interconectare verticală

VIA sunt linii de cupru metalizate cu straturi diferite. Ele sunt foarte asemănătoare cu plăcuțele de conectare cu care nu trebuie să le confundăm. Plăcuța de conectare face parte din mufa componentei, iar VIA pune la dispoziție numai conexiuni între diferite straturi de materiale imprimare. Imaginea 6 prezintă VIA în materiale tipărite multistrat.



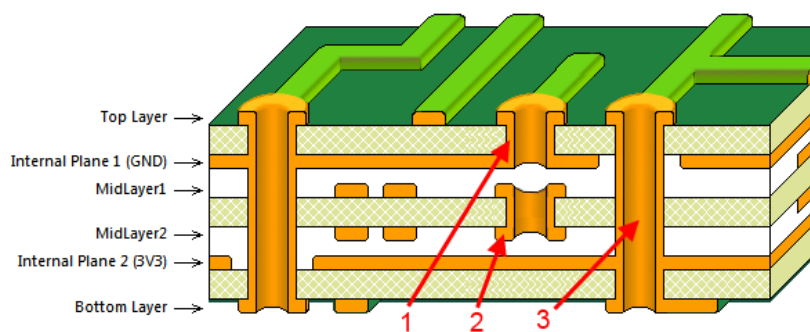
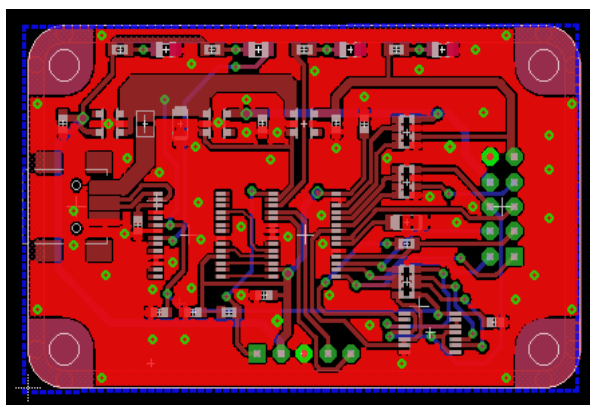


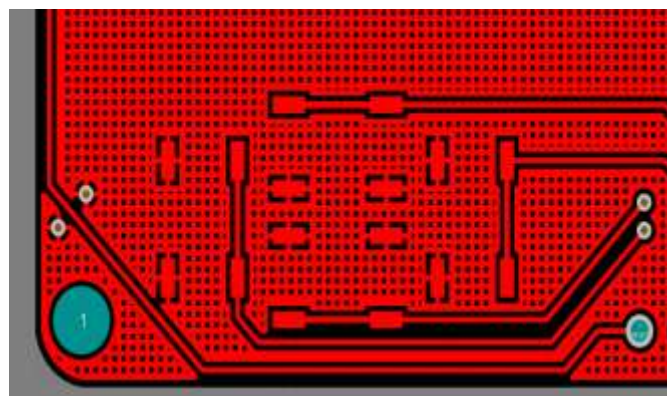
IMAGE 6: VIA IN MULTILAYER PRINTED MATTER.

Poligoane

Poligoanele sunt utilizate pentru umplerea unor suprafețe mai mari cu cupru pur sau textură de cupru, după cum se observă în imaginea 7. Poligoanele sunt interconectate prin plăcuțele de conectare și VIA. De obicei, acestea sunt utilizate pentru înlocuirea suprafețelor de împământare și alimentare. Le instalăm la sfârșit după ce toate celelalte linii de cupru sunt deja reprezentate.



a)



b)

IMAGE 7: PRINTED MATTER POLYGON; A) TOP LAYER, B) COPPER TEXTURE.

Când reprezentăm grafic poligonul și liniile, trebuie să luăm în considerare spațiul gol între linii sau poligon. Distanțele prea mici nu sunt preferabile, deoarece pot provoca scurtcircuitarea firelor care poate apărea în faza de producție. De asemenea, trebuie să luăm în considerare limita inferioară pentru producerea de materiale tipărite. Depinde de producător și tehnologia de producție. Norma comună este de 15 mil. Pentru componentele de sârmă și de 8-10 mil ca limită inferioară pentru elementele montate pe suprafață. Pentru circuitele care funcționează la tensiunea de rețea 230 V / 110 V, trebuie să luăm în considerare standardele de siguranță valabile pentru o anumită zonă geografică. Regula de bază este că între curentul de fază și zero trebuie să fie de cel puțin 3,2 mm distanță. Distanța cea mai mică dintre piesele de înaltă tensiune și partile cu care utilizatorul poate intra în contact este de 8mm. O orientare simplă este că



distanțele ar trebui să fie mai mari decât mai mici atunci când se află în interiorul dimensiunilor acordate!

Prin dimensiuni, trebuie să luăm în considerare și izolarea galvanică. Aceste distanțe sunt definite prin standardul IPC. Distanțele diferă dacă se află în interiorul sau în exteriorul imprimatelor și în zona în care va fi utilizată componenta electronică (mediu umed, altitudine, etc.). Protejăm adesea materialele tipărite cu înveliș de lac care măresc rezistența la coroziune galvanică și protejează circuitul de efectele externe. Tabelul 2 prezintă distanțele și straturile standard pentru diferite componente ale unui circuit imprimat prin tensiune. Izolarea galvanică este determinată de tensiunea de defalcare. Rezistența la descompunere este o caracteristică materială dată de următoarea formulă:

$$E_p = \frac{U_p}{d} \left[\frac{V}{m} \right],$$

unde E_p este rezistența electrică la atingere, U_p este tensiunea electrică și d este o dimensiune izolantă. Izolanții diferiți au diferite rezistențe electrice descrise în tabelul 3.

Tensiunea [V]	Straturi interioare [mm]	Conductoare externe neacoperite [mm]	Conductori externi acoperiti [mm]
15	0.05	0.1	0.05
20	0.05	0.1	0.05
50	0.1	0.6	0.13
100	0.1	0.6	0.13
150	0.2	0.6	0.4
170	0.2	1.25	0.4
250	0.2	1.25	0.4
300	0.2	1.25	0.4
500	0.25	2.5	0.8
1000	1.5	5	2.33
4000	9	20	11.48
5000	11.5	25	11.53

TABLE 2: PRESCRIBED DISTANCES FOR GALVANIC ISOLATION OF PRINTED MATTER LINES.

Isolant (20°C)	$E_p \left[\frac{V}{m} \right] \times 10^6$
Aer	3
Hârtie	10
Pubber	10
Ulei de transformator	15
Porțelan	20
Policlorură de vinil-PVC	50
Polystyrol	80

TABLE 3: ELECTRIC BREAKTHROUGH STRENGTH OF SOME MATERIALS.



Reguli de bază pentru conectarea componentelor tipăriturilor

Conectarea componentelor înseamnă instalarea de linii de cupru pe materiale tipărite între conectorii componente. Conexiunile electrice dintre două sau mai multe plăcuțe de conectare se numesc rețele de semnale electrice. Ne străduim pentru o rețea de semnale electrice mai scurte, deoarece liniile mai lungi produc efecte parazitare mai grave. Liniile ar trebui să se rupă la un unghi de 45°, sau putem folosi linii rotunjite. Liniile de cupru sunt conectate la mijlocul plăcuțelor de conectare, pentru care folosim rețeaua de lucru sau funcția "snap to object", care depinde de pachetul de programe. Legătura dintre două puncte poate consta dintr-o singură linie. Pentru curenții mai mari este necesar să se utilizeze VIA mai mari, care reduc impedanța și sporesc fiabilitatea. Între plăcuțele de conectare la distanța de 100 mil., scădem lățimea liniei. Alimentarea cu energie electrică și liniile de împământare ar trebui să fie mai largi pentru sarcini curente mai mari. Alimentarea cu energie electrică și liniile de împământare trebuie stabilite cât mai strâns posibil, care pot fi blocate eficient de elementele de capacitate. Nu ar trebui să existe "insule" de cupru fără conexiuni. Aceste insule trebuie să fie reținute sau șterse. Imaginea 8 prezintă moduri diferite de conectare a elementelor.

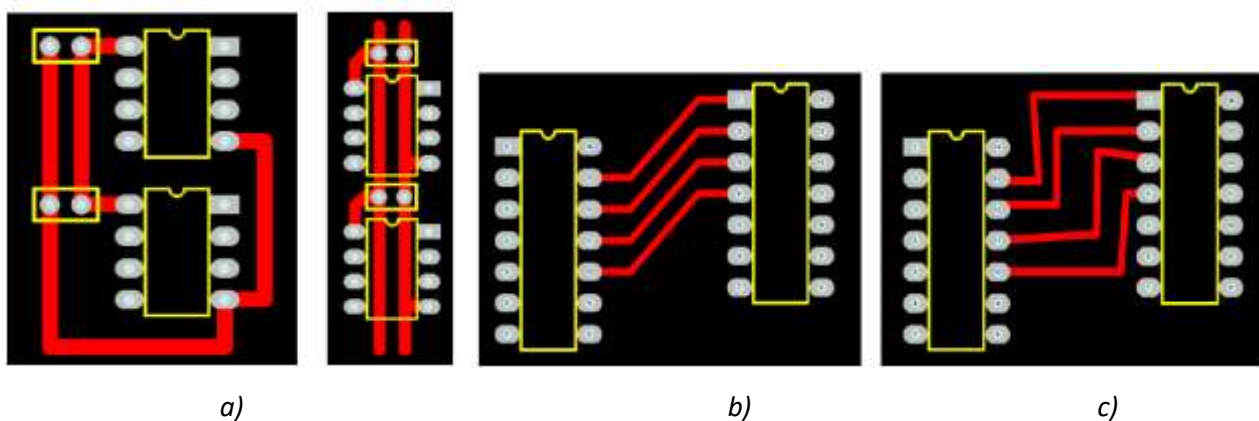


IMAGE 8: PRINTED MATTER CONNECTIONS: A) APPROPRIATE, B) APPROPRIATE, C) NOT APPROPRIATE.

Alegerea materialelor tipărite

Atunci când alegem materiale pentru imprimat, avem diferite posibilități care diferă în funcție de câteva caracteristici, cum ar fi: siguranța la foc, stabilitatea temperaturii, absorbția de umiditate. Aceste caracteristici sunt definite de Asociația Internațională NEMA - Asociația Națională a Producătorilor de Electrocasnice. Tabelul 4 prezintă o prezentare generală a materialelor pentru producerea de materiale tipărite.

Materiale	Observații
FR-1	Bakelita: la temperatura camerei rezistența la umezeala slabă.
FR-2	Bachelită: adecvată pentru PCB-urile cu un singur strat, rezistență bună la umiditate.



FR-3	<i>Rășini epoxidice: un material echilibrat cu proprietăți mecanice și electrice bune</i>
FR-4	<i>Fibre de sticlă: excelente proprietăți mecanice și electrice..</i>
FR-5	<i>Fibre de sticlă: rezistență ridicată la temperaturi ridicate, auto-stingere.</i>
G10	<i>Sticla sticla și epoxidică: rezistența ridicată la izolație, rezistența mecanică maximă, rezistența ridicată la umiditate..</i>
G11	<i>Sticlă țesută și epoxidică: rezistență la îndoire la temperaturi ridicate, rezistență extremă la solvenți.</i>
CEM-1	<i>Bumbac și epoxidic.</i>
CEM-2	<i>Bumbac și epoxidic.</i>
CEM-3	<i>Non-țesute și epoxidice.</i>
CEM-4	<i>Sticlă țesută și epoxidică..</i>
CEM-5	<i>Sticlă țesută și poliester.</i>
PTFE	<i>Pierdere dielectrică redusă, scumpă, scăzută, pentru aplicații de înaltă frecvență, absorbție foarte scăzută a umidității (0,01%), moale mecanic. Difícil de laminat, rareori utilizat în aplicații multistrat.</i>
RF-35	<i>Din PTFE umplut cu ceramică din fibră de sticlă. Relativ mai puțin costisitoare, bune proprietăți mecanice, bune proprietăți de înaltă frecvență..</i>
Alumina	<i>Ceramică: Greu, friabil, foarte scump, performanță foarte ridicată, bună conductivitate termică.</i>
Polyimide	<i>Un polimer cu temperatură ridicată: absorbție scumpă, de înaltă performanță, mai mare a apei (0,4%). Poate fi folosit pentru temperaturi criogenice la peste 260 ° C</i>

TABLE 4: TYPES OF MATERIALS FOR PRINTED CIRCUITS.

Eticheta FR reprezintă materialul ignifug. Grosimea stratului de cupru pe materiale tipărite este de standarde de 0,5oz (18μm), 1oz (35μm) sau 2oz (70μm). Există și alte standarde care sunt mai puțin utilizate (12 μm) și (105 μm). Materialele tipărite cu miez de aluminiu sau metal au o acoperire de cupru chiar de 70μm până la 400μm. Materialul cel mai des folosit în mediile industriale este FR-4. Acest material este alegerea optimă în ceea ce privește prețul și calitatea.

Când proiectăm materialele tipărite, alegem și un număr de straturi. Numărul mare de straturi crește în general costurile de producție, dar permite, de asemenea, producerea de materiale tipărite mai mici și mai rezistente.

- **Placă imprimată pe o față:** Este potrivită pentru circuite simple de joasă frecvență, așa cum se vede în imaginea 9. Circuitul poate fi produs cu mai multe poduri. Aceste circuite au rezistență mai mare la perturbații electromagnetice. Proiectarea circuitelor complexe pe un singur strat PCB necesită mult mai mult efort și inovativitate. De obicei, ele sunt utilizate pentru dispozitive pilot și testare timpurie a componentelor.
- **Placă imprimată pe două fețe:** Adesea sunt fabricate din material FR-4, așa cum se vede în imaginea 10. Circuitul este mai ușor de conectat. Dacă este posibil, suprafața inferioară este destinată pentru împământare, iar alte conexiuni sunt lăsate pe suprafața superioară. Avantajele suprafeței de împământare sunt creșterea stabilității mecanice a materialelor



tipărite și reducerea impedanței tuturor conexiunilor de împământare (reduc zgomotul). Se adaugă capacitate distribuită la fiecare conexiune de pe stratul superior, care ajută la prevenirea perturbațiilor electromagnetice. Acționează ca un scut din cauza zgomotului electromagnetic, sursa căruia poate fi mediul imprimat.

- **Imprimante multi-față:** Pot fi utilizate 4, 6, 8, 10 sau până la 38 de straturi. Acestea sunt mai potrivite pentru dispozitive sensibile de înaltă frecvență. Grosimea obișnuită a materialelor tipărite pe 2 fețe este de 1,5 mm, care este prea mare. La o distanță mai mică între stratul superior și cel inferior, obținem o capacitate distribuită mai bună. De asemenea, este mai ușor să conectați conexiunile de alimentare și de împământare (sursa de alimentare și straturile de împământare). Conectarea se face cu ușurință prin VIA. Alte linii de semnal au mult spațiu pe toate celelalte straturi, ceea ce simplifică semnificativ conectarea. Distribuție mai mare a capacității între sursa de alimentare și straturile de împământare care scade zgomotul de înaltă frecvență. De asemenea, blochează mai bine perturbările EMI / RFI. Producția de materiale tipărite multistrat este semnificativ mai costisitoare în comparație cu acele circuite cu mai puține straturi.

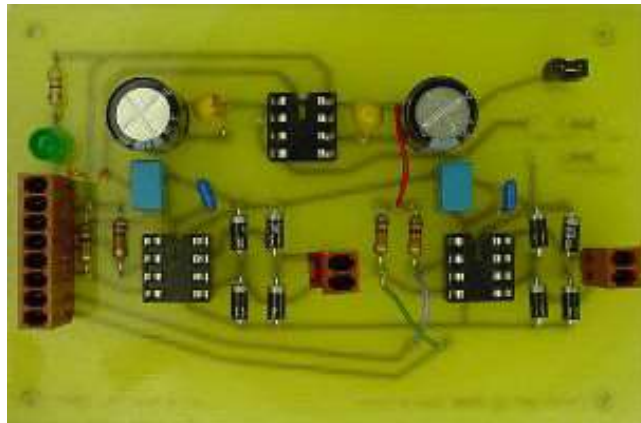


IMAGE 9: ONE-SIDED PRINTED MATTER.



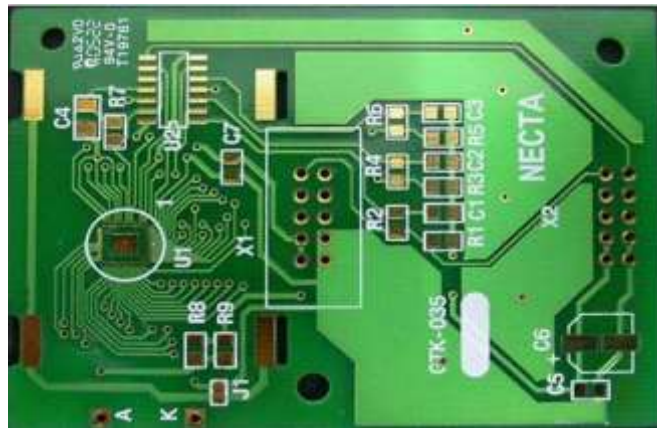


IMAGE 10: TWO-SIDED PRINTED MATTER.



IMAGE 11: MULTI-LAYER PRINTED MATTER.

11.3. Exemple de utilizare a programului Altium Designer

Programul Altium-Designer este un mediu profesional pentru proiectarea circuitelor tipărite în toate fazele, care sunt:

- Proiectarea schemelor de diagramă și diagrame bloc.
- Proiectarea plăcilor de circuite imprimate-PCB.
- Proiectarea software-ului pentru FPGA (Field Programmable Gate Array).
- Soluții de sistem pentru FPGA și depanare (când lucrați cu plăci de dezvoltare adecvate, cum ar fi Altium NanoBoard).
- Proiectarea sistemelor încorporate.
- Instrumente de simulare pentru circuite digitale și analogice.
- Analiza calității semnalului.
- Managementul proceselor de producere a PCB



Altium include editoare și interfețe de program pentru toate etapele de proiectare a dispozitivelor electronice. Scrierea și editarea codului programului împreună cu traducerea se face în mediul Altium Designer. În cazul nostru, vom acorda mai multă atenție desenării și proiectării plăcii de circuite imprimate pentru un dispozitiv electronic. Conținutul este proiectat într-un mod care oferă o imagine de ansamblu asupra diferitelor etape de proiectare a PCB-urilor. Prima fază de proiectare include o schiță a schemei electrice. A doua fază include traducerea schemei în circuit imprimat. În această fază, determinăm dimensiunile materialelor tipărite, dispunerea elementelor și conexiunile. În a treia fază, vom arăta cum să prezentăm materialele tipărite într-un mediu 3D și posibilitățile de utilizare a acestora în alte programe CAD. În acest caz, vom arunca o privire la circuitul generator de curent, văzut în imaginea 12.

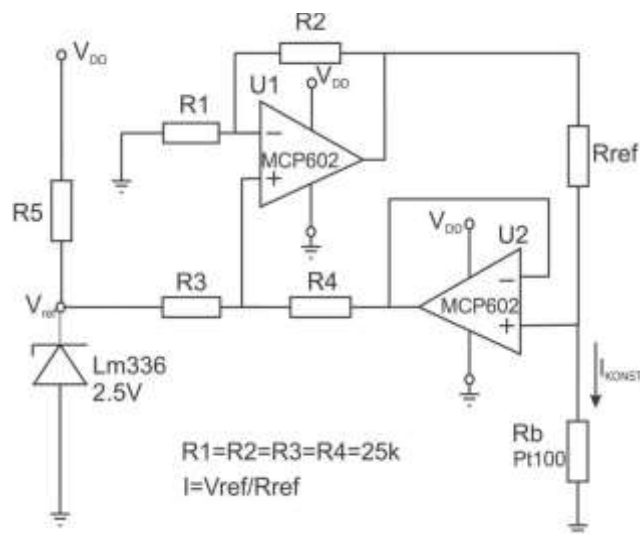


IMAGE 12: CURRENT GENERATOR SCHEME.

11.3.1 Crearea unui nou proiect

Pentru fiecare tipărit nou, se recomandă crearea unui nou proiect, deoarece într-un proiect am salvat toate documentele și setările legate de procesul de proiectare. Fișierul proiectului xxx.PrjPCB este fișierul ASCII în care sunt scrise toate documentele și setările de ieșire, cum ar fi setările de imprimare și CAM. Documentele care nu sunt legate de proiect sunt numite documente gratuite. De asemenea, adăugăm linkuri către scheme electrice, PCB, FPGA, VHDL (limbajul de descriere a hardware-ului Verilog) și biblioteci. Când proiectul este finalizat, toate proiectele sunt sincronizate în interiorul documentelor din proiect. Proiectul este creat cu următorul set de comenzi:

- Selectați **Fișier → Nou → Proiect → Proiect PCB**, imaginea 13.



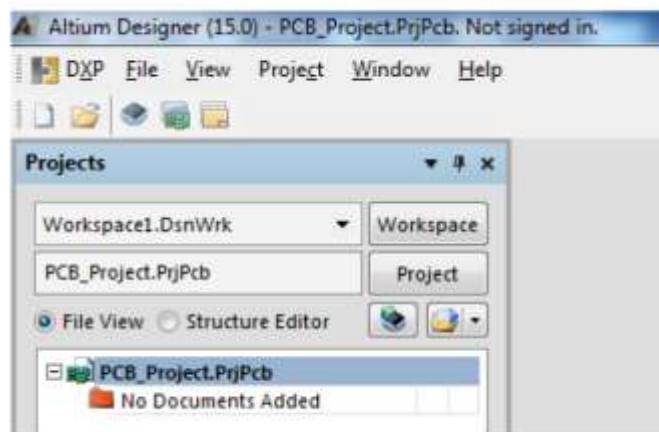


IMAGE 13: CREATING A NEW PROJECT.

- Putem vedea **Proiect** fereastră, unde **proiectul PCB_Projects.PrjPcb** este listat fără documente atașate.
- Redenumiți proiectul, în cazul nostru, la **Current_generator.PrjPcb**, pentru a putea fi salvat pe locația discului la alegerea noastră cu următoarea comandă. **Fișierul → Salvați proiectul ca → Current_generator.PrjPcb.**

Apoi creați un fișier nou pentru proiectarea schemei electrice "schematice". Creați o schemă nouă.

- Alegeți **Fișier → Nou → Schema**. Putem vedea fișierul **Sheet1.SchDoc** care este adăugat la proiectul creat anterior în mod automat, văzut în imaginea 14.
- Redenumiți schema la **Current_generator.SchDoc**. Salvați schema, **Fișier → Salvați ca → Current_generator.SchDoc.**

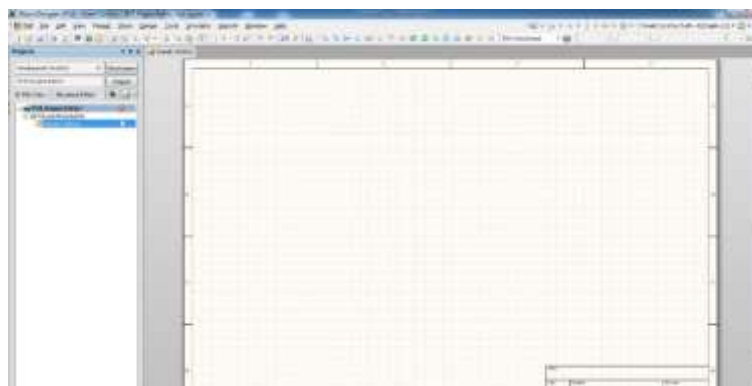


IMAGE 14: CREATE CIRCUIT SCHEME.

Atunci când se deschide o schemă goală, putem vedea o imagine complet schimbată cu diferite taste, meniuri etc. Acum suntem în editorul pentru scheme



electrice. Dacă vrem să adăugăm schița deja creată a unui alt proiect la schema creată, apoi alegeți **Adăugare la proiect**.

Înainte de a începe proiectarea schemei electrice, trebuie să setăm următoarele:

- Formatul setării pentru foaia de lucru: **Design → Document**, Option - alegeți formatul A4.
- Foaia de lucru poate fi mărită cu o combinație de tastă CTRL + roată de defilare; vizualizarea poate fi potrivită și pentru ecranul complet cu comanda **Vizualizare → Fit Document** [shortcut: V, D].
- Există multe setări care pot fi accesate din meniul **Instrumente → Preferințe schematice** [shortcut: T, P], unde setările vor influența toate schemele din proiectul de lucru.
- Faceți clic pe schemă și selectați **Default Primitives** și activați opțiunea **Permanent**, care oferă valorile presetate de bază atunci când selectăm un element electric din bibliotecă și nu setările pe care le-am setat în pasul anterior.

Schema de proiectare începe cu alegerea unui element, văzut în imaginea 12. În biblioteca de elemente, căutăm toate elementele, începând cu amplificatorul operațional MCP602. Altium are un suport foarte puternic pentru bibliotecile componentelor electrice, cum ar fi schemele, prizele și modelele 3D. Aceste biblioteci nu sunt încă instalate, dar le putem descărca gratuit de pe site-ul Altium (<https://designcontent.live.altium.com/>). Dacă avem o licență valabilă. De asemenea, putem descărca biblioteci libere accesibile din 2004 și extindeți dosarul în care am instalat deja biblioteca de bază de către Altium.

Pentru a căuta un amplificator corect MCP602, faceți clic pe **Biblioteci** și apoi pe **Căutare** (sau faceți clic pe **Instrumente → Find Components**) și apoi se deschide fereastra de dialog **Căutare biblioteci**.

Trebuie să fim atenți că avem toate componentele selectate și că căutăm în modurile **Biblioteci pe cale** în care trebuie să scriem calea corectă pentru bibliotecile instalate. Pentru o posibilitate mai mare de rezultate atunci când căutați nu introduceți toate semnele, ci doar cele principale, deoarece producătorii diferiți au prefixe și sufixe diferite. Pentru aceasta, introduceți șirul de căutare între două asterixuri (în cazul nostru: * 602 *). Dacă alegem o componentă din lista care nu este încă instalată, vom obține opțiunea de a confirma că o putem instala imediat, care poate fi executată ulterior. Pentru MCP602 trebuie să instalăm anterior biblioteca de către producătorul Microchip (Microchip Linear Devices.IntLib), iar apoi este disponibilă MCP602, astfel încât să o putem selecta așa cum se vede în imaginea 15.



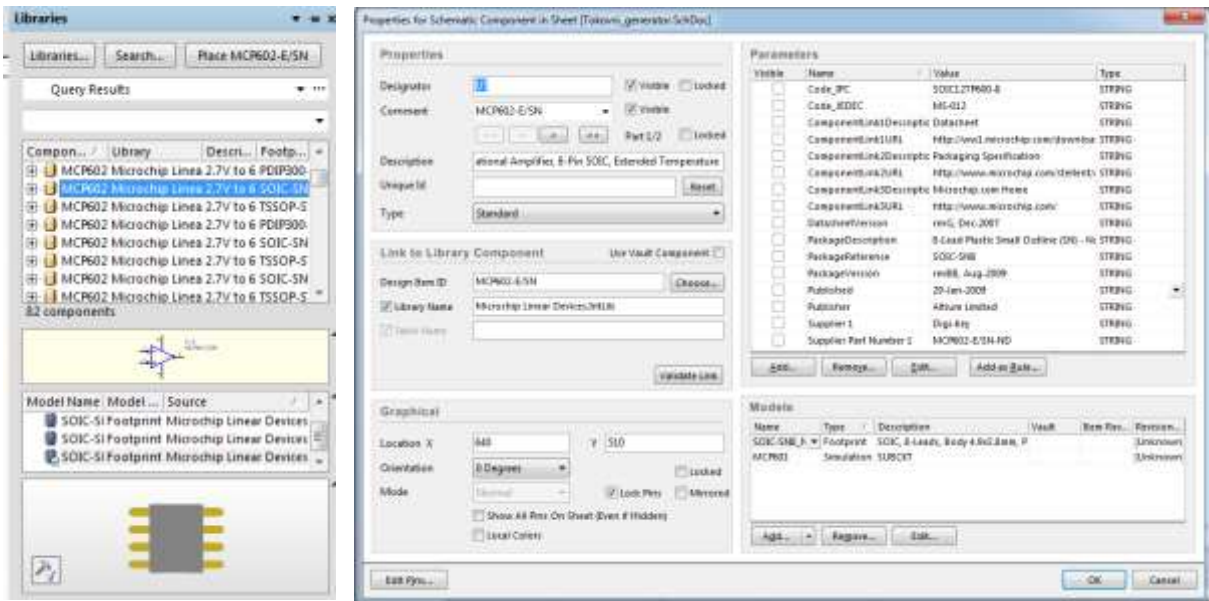


IMAGE 15: CHOOSING MCP602 FROM THE LIBRARY.

Pentru a introduce, faceți dublu clic pe componenta care permite mutarea elementului în zona de lucru cu cursorul. Înainte de a o muta într-un anumit loc, putem edita etichete și proprietăți care pot fi activate prin apăsarea tastei Tab. Apoi, în câmpul Desinator introduceți o etichetă componentă pe care o vom vedea în schemă (în cazul nostru: U1A). La verificarea modelului, dacă componenta are o priză corectă (în cazul nostru: conectori SMD SOIC - 8). Când am stabilit tot ce este necesar, putem începe cu introducerea componentelor în schemă. Componenta poate fi setată la poziția dorită făcând clic sau apăsând ENTER. Apoi mutați cursorul și cu următorul clic, putem introduce un alt OPA din care eticheta U1A crește automat la U1B și alte proprietăți presetate rămân neschimbate. Mediul Altium permite introducerea mai multor componente ale aceluiași tip care este revocată de ESC-ul cheie.

În pasul următor, vom introduce 7 rezistoare. Pentru inserare, vom folosi o bibliotecă de bază care este instalată în mediul Altium sub denumirea **Diverse Devices.IntLib**. Introduceți * Res * în motorul de căutare și apoi selectați rezistor cu soclu SMD tip 2010 care este etichetat ca **Res3**. Selectați valoarea 25k care este cea mai comună valoare și poate fi modificată mai târziu la anumite rezistențe. Resetați numitorul la cea mai mică valoare R1 și începeți cu introducerea valorilor, după cum se vede în exemplul anterior. Apoi redenumiți două rezistențe la Rref și Rb făcând clic pe fiecare separat și schimbând numele în câmpul Desinator, după cum se vede în imaginea 16.



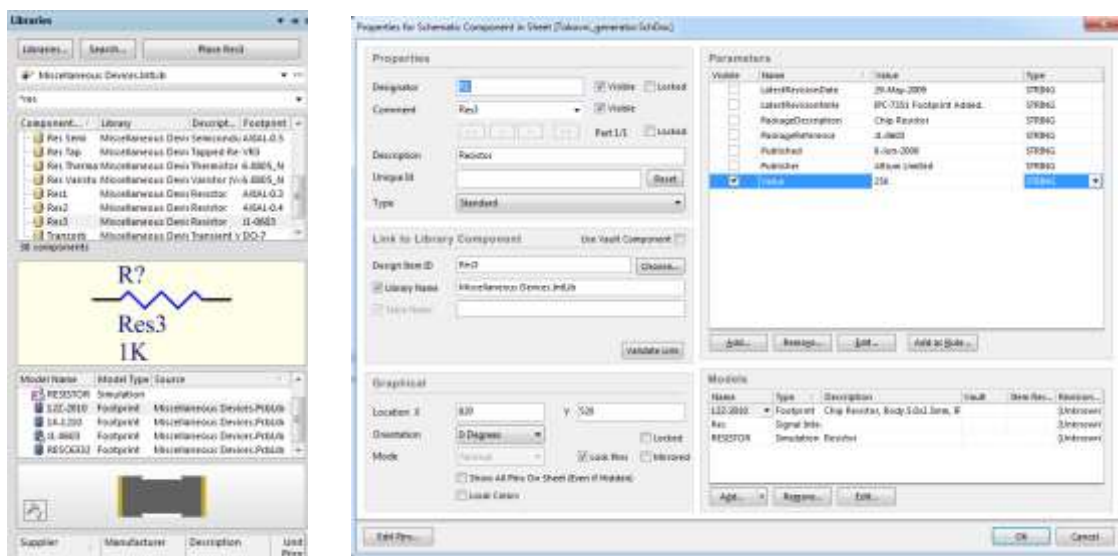


IMAGE 16: CHOOSING RESISTOR FROM THE LIBRARY.

Faceți același lucru cu stabilizatorul de tensiune al elementului LM336 (2.5V, carcasa TO92) din biblioteca **ST-Electronics 'Power Mgt Voltage Reference.IntLib'**, condensatoarele (șirul de căutare *** Cap ***) și terminalele conectorilor (șirul de căutare *** Header *** găsite în bibliotecă **Diverse Devices.IntLib**, văzute în imaginea 17.

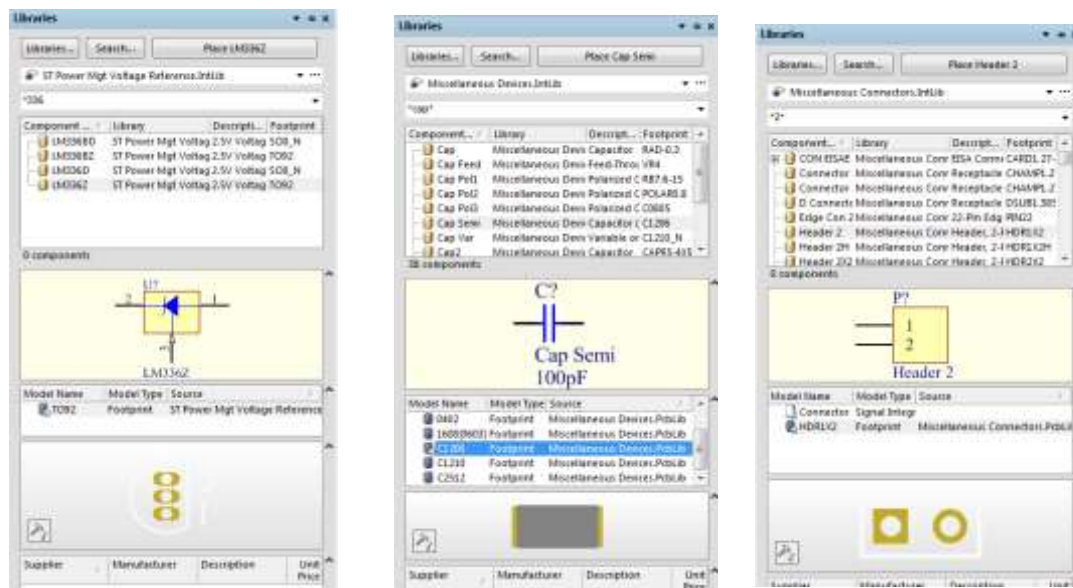


IMAGE 17: CHOOSING LM336, CAPACITOR AND CONNECTION TERMINALS.

Apoi, aranjați componentele corect în schemă, luând în considerare intrările de regulă din partea stângă și ieșirile de pe site-ul potrivit. Trebuie să avem grijă să existe suficient spațiu între componente pentru conexiuni, deoarece dacă conectăm



conexiunea electrică prin pinii de conectare, atunci programul va conecta automat la conectorul încrucișat, imaginea 18.

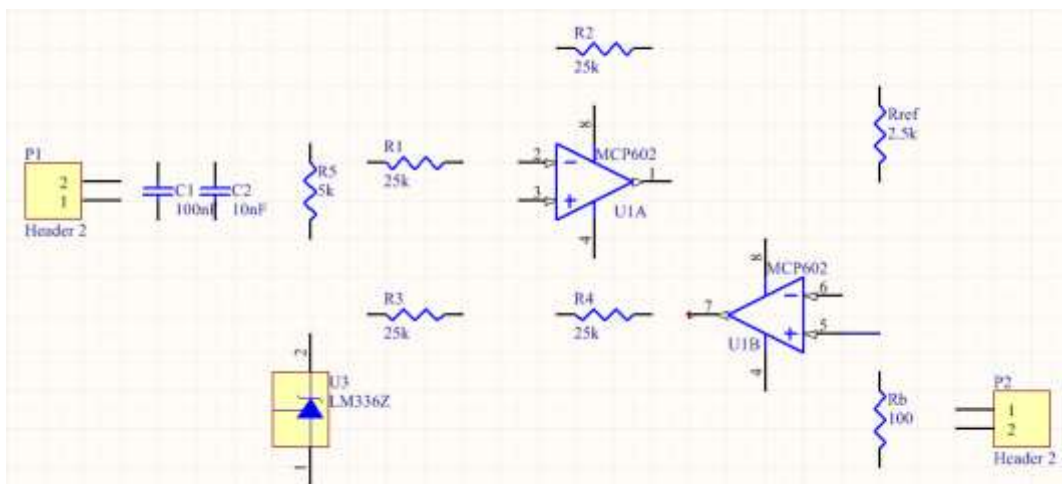



IMAGE 18: ELEMENT ARRANGEMENT.

Pentru componentele existente, trebuie să adăugăm și potențiale de tensiune, cum ar fi împământarea la zero $\frac{1}{GND}$ și alimentarea cu energie electrică $\frac{V_{DD}}$. În scopuri de testare, vom introduce GND și sursa de alimentare Vdd (inserați-le în mai multe locuri pentru a păstra o vizibilitate mai bună a schemei). La conectarea componentelor, trebuie să luăm în considerare următoarele reguli:

- Trebuie să avem o imagine de ansamblu asupra schemei complete.
- Desenați conexiuni cu instrumentul  **Place Wire** [comandă rapidă: P, W]. Acordați atenție interconexiunilor pentru a preveni scurtcircuitele.
- Dacă vrem să mutăm componente după ce le-am conectat, trebuie să ștergem conexiunile curente, să mutăm componentele și apoi să le reconectăm din nou. De asemenea, putem folosi mișcările combinate CTRL + cu mouse-ul, ceea ce permite deplasarea componentelor împreună cu conexiunile făcute anterior.

Schema electrică finală poate fi văzută în imaginea 19.



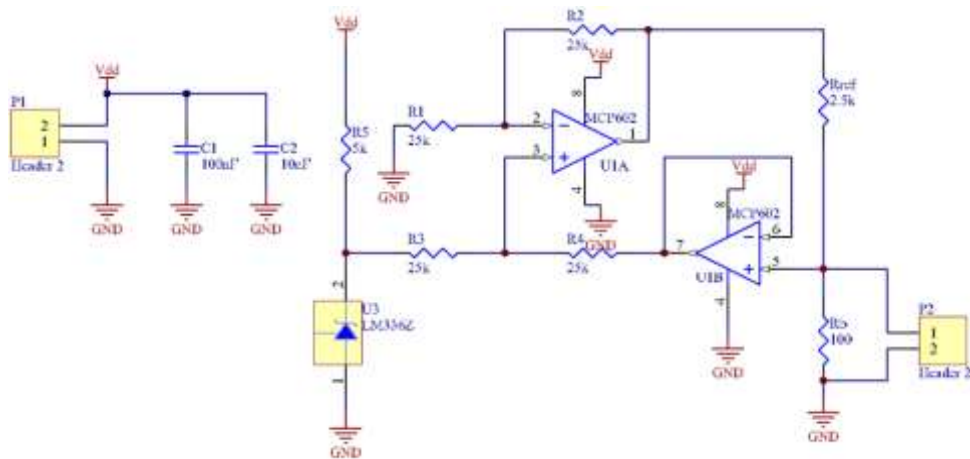


IMAGE 19: CURRENT GENERATOR SCHEME.

De asemenea, trebuie să adăugăm la schemă numele de conexiuni individuale (plase și etichete nete) care pot fi utilizate mai târziu în materialele tipărite. Numele de conectare nu sunt esențiale pentru funcționarea circuitelor, ci servesc drept note sau referințe la revizuirea circuitului finalizat sau la reparații ulterioare. Componentele de conectare sunt conectate cu plase. Unele conexiuni cu importanță mai mare și potențiale în schema electrică pot fi numite cu numele ales de noi. Prin utilizarea simbolurilor pentru GND și Vdd am setat automat două nume. La alegerea Menu → Place → Net label [shortcut: P, N] primim opțiunea de a seta numele la orice conexiune. Prin apăsarea tastei TAB, putem schimba setările, cum ar fi culoarea, aranjamentul și tipul de font pentru eticheta netă, înainte de a defini la ce legătură vom seta noul nume, după cum se vede în imaginea 20.

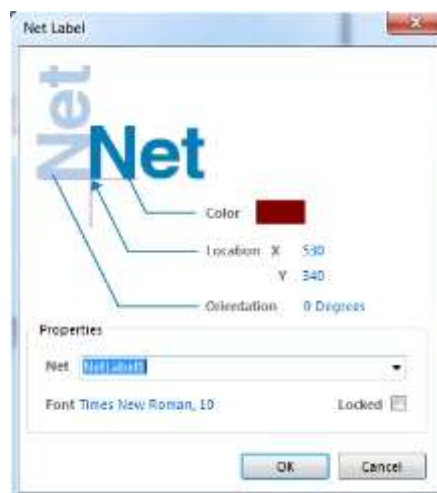


IMAGE 20: WINDOW FOR SETTING CONNECTION NAME, FONT TYPE, COLOR, SIZE, ETC.



În circuitul nostru vom folosi numele conexiunii pentru tensiunea de referință V_{ref} prezentată în imaginea 21.

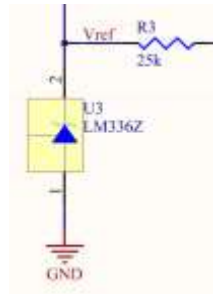


IMAGE 21: DEFINED NAME FOR CONNECTION V_{REF} .

Cu aceasta, am terminat desenarea și proiectarea schemei electrice, care este baza pentru deplasarea în proiectarea plăcii de circuite imprimate. Înainte de a începe traducerea schemei în imprimate, se recomandă configurarea setărilor proiectului. Aceasta include setări pentru detectarea erorilor, matricea conexiunilor, generatorul de clasă, setările pentru comparator, generarea mesajelor de avertizare, setările pentru tipărire etc. Altium utilizează toate aceste setări pentru traducerea unui proiect. Când proiectul este tradus, se verifică proiectarea completă și regulile electrice care au fost stabilite. După ce toate erorile sunt rezolvate, schema este din nou tradusă și încărcată în proiectul țintă, de exemplu cu un document PCB. Proiectul de comparare permite căutarea unor diferențe între fișierele sursă și țintă pe care le vedem și care pot fi confirmate sau respinse (sincronizate) din ambele direcții. Toate setările sunt disponibile în meniul **Project** → **Project options**.

11.3.2 Determinarea materialelor tipărite

După ce schema de conectare s-a terminat și setările sunt corecte, putem începe traducerea schemei de cablare în materie de imprimare. În faza de tranzație, toate regulile de proiectare a schemei electronice sunt verificate cu o posibilă urmărire a erorilor și opțiunea de reparație. Pentru a traduce proiectul dat **Current_generator.PrjPcb** trebuie să alegeți **Proiectul** → **Compilați proiectul PCB**. Când traducerea este terminată, mesajul de traducător este vizibil în fereastra de mesaje. Pentru a accesa această fereastră, trebuie să mergeți la **Vizualizare** → **Panouri de lucru** → **Sistem** → **Mesaje**. Documentele traduse vor fi înregistrate în **Vizualizarea ferestrei** → **Panourile de spațiu de lucru** → **Design Compiler** → **Navigator**, unde se poate monitoriza structura documentelor, lista componentelor și tipurile de conexiuni (când faceți clic pe conexiune putem să o vedem și cu linii marcate în schemă). În cazul unor erori și al traducerii nereușite, aceste evenimente sunt înregistrate în fereastra **Mesaje**



de eroare. Dacă traducerea are succes, putem trece la un nou document în care putem proiecta materialele tipărite cu schema electrică dată. În primul rând, vom crea PCB goale. Cea mai ușoară cale este prin utilizarea interfeței **PCB Board Wizard** cu care putem alege între formate industriale standardizate sau dimensiuni proprii.

Ulterior, aceste setări pot fi modificate. **PCB Board Wizard** poate fi găsit sub meniul **Fișiere**, care trebuie să fie activat pentru a fi vizibil, așa cum se vede în imaginea 22. Dacă alegerea fișierului nu este activată, avem un rând de comenzi rapide la anumite funcții în partea dreaptă, iar sub tab-ul **System**, putem bifa **Fișiere**.

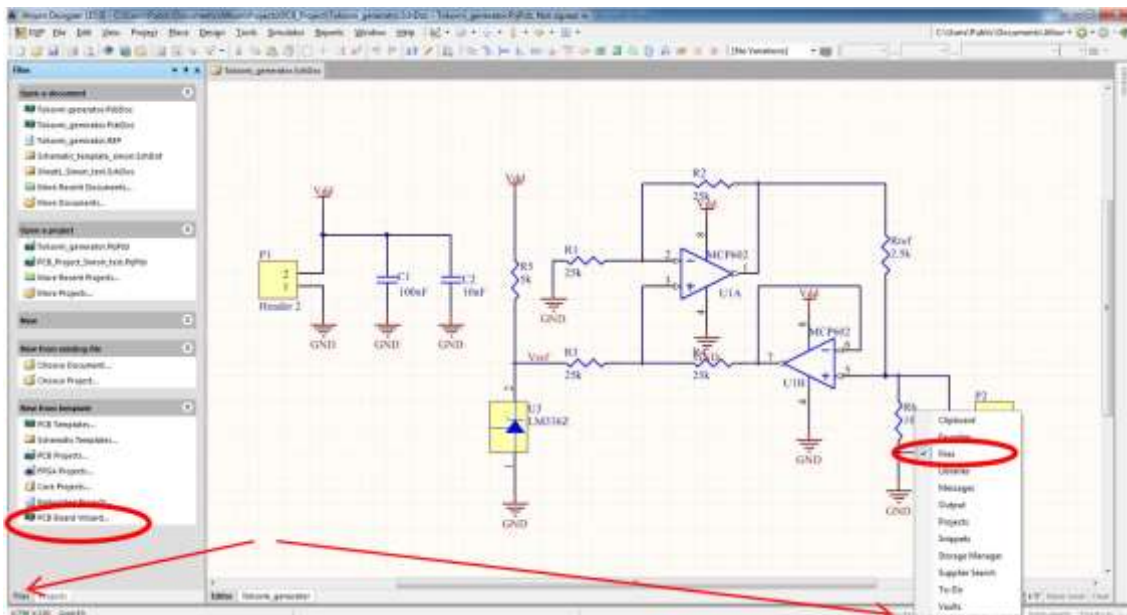


IMAGE 22: CHOOSING SHORTCUT TO FILES.

Pregătirea documentelor urmează acești pași:

1. Primul clic pe **Wizard Board PCB**, iar la al doilea selectați fereastra unitățile metrice **Metric**, imaginea 23.

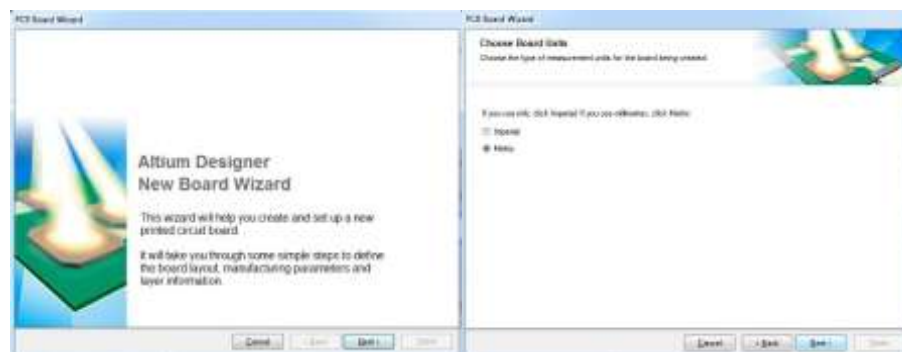


IMAGE 23: WIZARD FOR CREATING PCB.



2. În a treia fereastră alegeți între formatele PCB. Putem alege Custom și apoi introduceți dimensiunile $W = 40 \text{ mm}$, $H = 30 \text{ mm}$. Pentru a desemna marginea PCB, selectați tipul de linie **Mechanical Layer1**.
3. În următoarele două ferestre alegeți un număr de straturi și tipuri de VIA care trec prin grosimea întregului PCB.
4. Apoi selectați ce tip de componentă vom instala mai mult pe PCB (SMD, PDIP, etc, în funcție de soclu) și de câte părți. Cele mai multe componente sunt montate pe suprafață și sunt instalate numai pe o parte.
5. În fereastra următoare, selectați setările recomandate pentru conexiuni și VIA:
 - a) Grosimea cea mai mică a îmbinării = $0,25 \text{ mm}$
 - b) Lățimea cea mai mică VIA = 1 mm
 - c) Cel mai mic diametru VIA = $0,6 \text{ mm}$
 - d) Cea mai mică distanță între conexiuni = $0,25 \text{ mm}$

Imaginea 24 prezintă două ferestre expert pentru setările de imprimare.

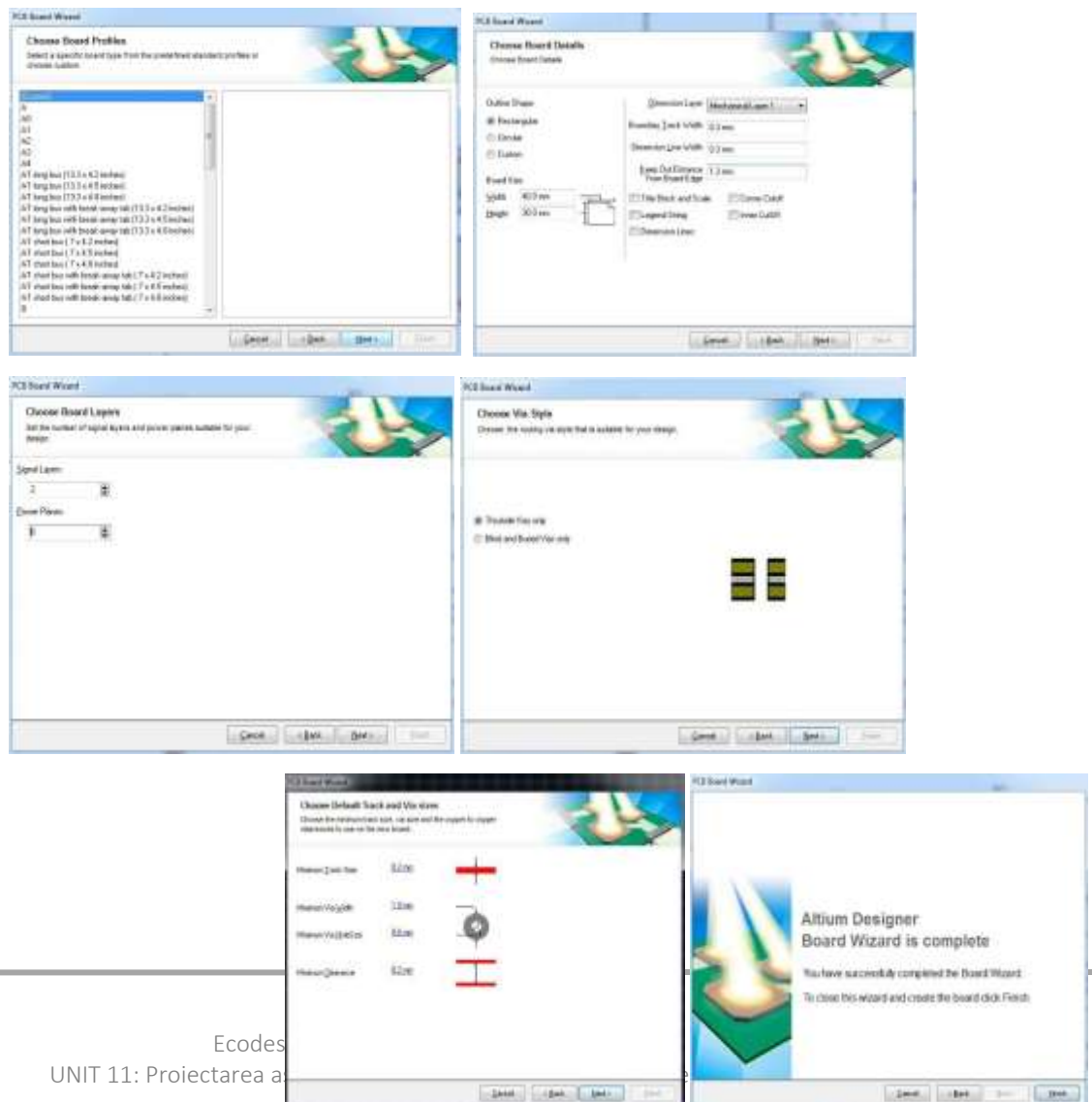
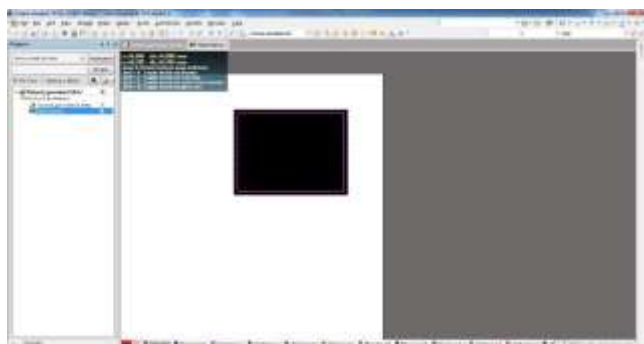


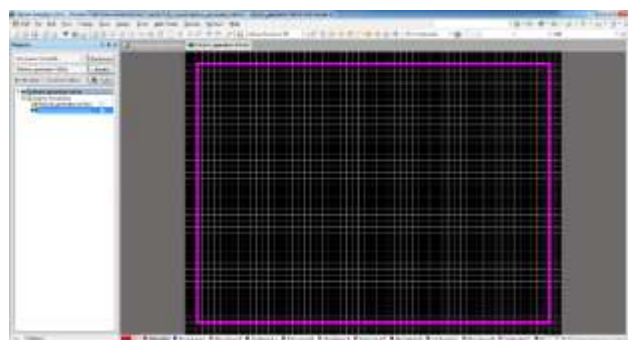


IMAGE 24: STEPS IN PRINTED MATTER SETTINGS FROM 2 TO 5.

După crearea cu succes a materialelor tipărite, vedem o fereastră cu dimensiunile selectate. Pentru a nu avea fundal alb, eliminați-l în setări făcând clic pe **Design** → **Opțiuni tablă** → **Fișă de afișare**. Afișarea PCB poate fi ajustată cu comanda **View** → **Fit board** sau shortcut [V, F], văzută în imaginea 25.



a)



b)

IMAGE 25: ADJUSTED VIEW OF PRINTED MATTER A) WITH BACKGROUND, B) WITHOUT BACKGROUND.

Dimensiunile PCB pot fi modificate ulterior. Cea mai ușoară modalitate este de a desena forma dorită a cadrului care poate fi utilizată pentru a determina marginea PCB. Acest lucru se poate face făcând clic pe toate liniile care definesc marginile PCB cu mouse-ul și apoi selectați funcția din meniul **Design** → **Board Shape** → **Definiți obiectele selectate**, pentru a decupa PCB-ul la forma dorită, imaginea 26.



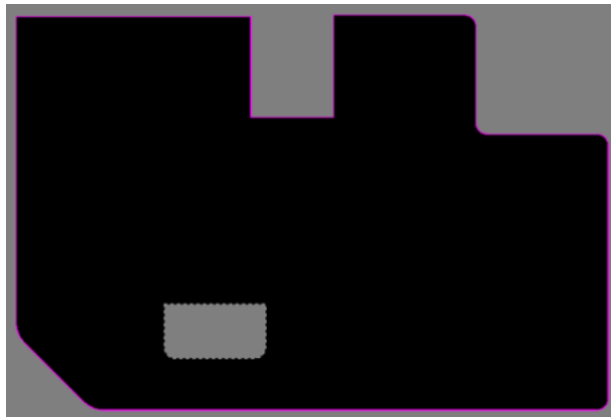


IMAGE 26: CUSTOM PCB SHAPE.

11.3.3 Translația proiectului - Compilarea

Mai întâi intrați în schema electrică și traduceți **Design** → **Actualizați PCB**. Faceți clic pe **Validați modificările**, unde este verificată probabilitatea de eroare. Dacă totul este corect, vor apărea semne de verificare pentru confirmare sub stare. Dacă modificările nu sunt corecte, trebuie să revenim, să verificăm mesajele de eroare și să rezolvăm erorile. Când verificarea de eroare are succes, faceți clic pe **Executare modificări**, care transferă componente și conexiuni la PCB în proiect, imaginea 27.

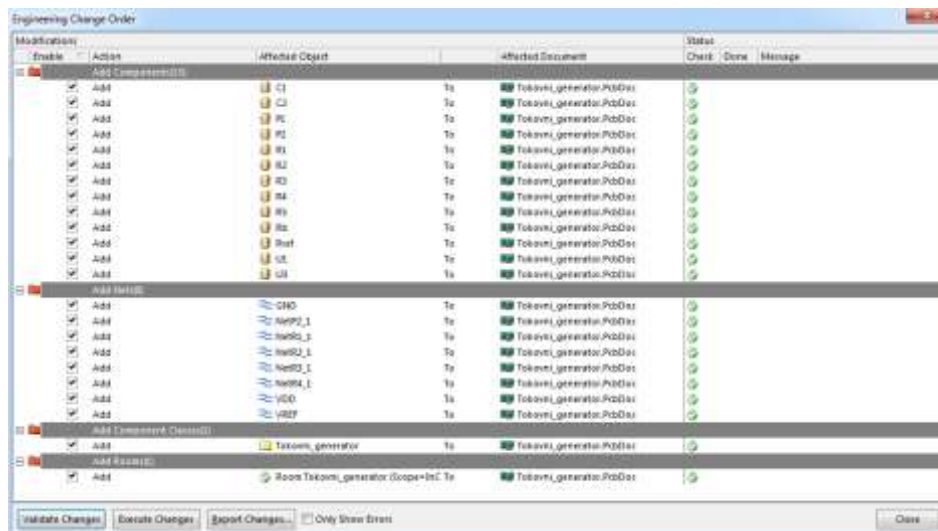


IMAGE 27: CHECKING SCHEME DURING COMPILING.

Transferul componentelor în imprimare, imaginea 28.



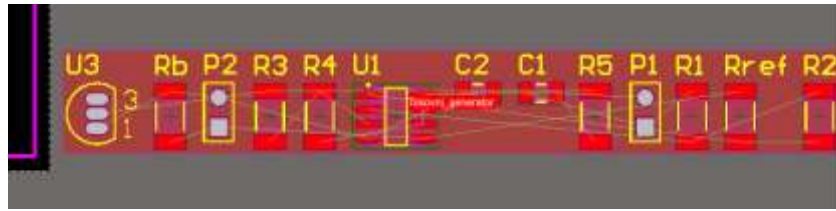


IMAGE 28: SHAPE OF ELEMENTS FOR PRINTED MATTER.

Din imaginea 28 se poate observa că aranjamentul elementelor la materialele tipărite depinde de designer. În acest caz, este bine să se țină seama de instrucțiunile de proiectare a tiparului bun. În etapa următoare urmează aranjarea componentelor la materialele tipărite. Componentele sunt aranjate făcând clic pe componentă și mutându-l în poziția corectă (faceți clic cu butonul din stânga și apăsați-l în timp ce mutați componenta). Rămâneți în limitele PCB. Cu bara de spațiu, putem roti componenta în timp ce o transferăm. Textul conectat la componente poate fi mutat, de asemenea, în același mod ca și componentele.

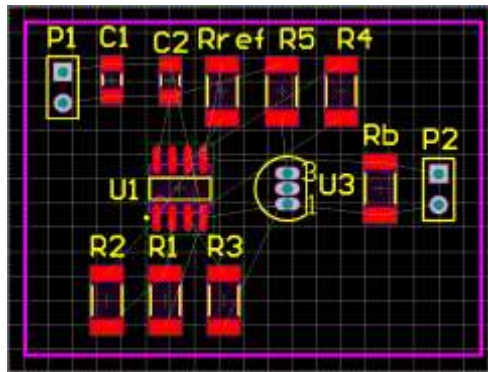


IMAGE 29: ARRANGED COMPONENTS ON PRINTED MATTER.

Mediul Altium are suport pentru funcții pentru aranjarea mai ușoară a componentelor. Mai multe componente pot fi aliniate orizontal, vertical, prin margini diferite sau linii centrale. Ele pot fi, de asemenea, aliniate cu distanțe uniforme. Aceste funcții pot fi accesate dacă selectăm grupul de componente, unde folosim SHIFT sau în jurul componentelor pe care dorim să le selectăm. Apoi faceți clic cu butonul din dreapta al mouse-ului și alegeți **Align → Align** [shortcut: A, A] și marcați funcțiile dorite pe axe X și Y. De asemenea, când selectăm una sau mai multe componente, putem să le mutăm cu mouse-ul sau să folosim combinația de taste: CTRL + SHIFT și tastele săgeți. Aceasta înseamnă o combinație a tastei săgeată și CTRL determină o mișcare mai mică (grila de prindere x 1) în direcția dorită decât atunci când apăsăm ambele chei CTRL + SHIFT, ceea ce face componentele să fie mutate pentru o distanță mai mare (grila de prindere x 10).

Conectarea elementelor aranjate poate fi realizată manual sau automat. În conexiunea manuală, avem o imagine de ansamblu mai bună a conexiunilor și munca durează mai mult. Conectarea manuală este cea mai des utilizată în materialele tipărite



mai mari. Conectarea automată este, în general, mai utilă în circuitele mai puțin complexe.

Conectarea manuală a tipăriturilor de PCB

Conectarea manuală la PCB înseamnă stabilirea de conexiuni și VIA pe materialele tipărite pentru a conecta toate componentele prezentate în schema electrică. În modul manual, de obicei proiectăm materiale tipărite mai complexe, în care sunt importante multe aspecte de proiectare, cum ar fi influența EMI, designul circuitului RF, circuitele analogice și digitale combinate, electronica de putere combinată și circuitele digitale / analogice etc. trebuie să decidă și să ia compromisuri între anumite părți de proiectare.

În cazul nostru, vom face manual conectarea, deși circuitul este simplu. Vom încerca să realizăm conexiunea semnalului pe stratul superior, pentru stratul inferior vom folosi masa GND pe care o vom accesa prin VIA și în anumite cazuri cu plăcuțe de conectare (conectorii P1 și P2 și referința U3). Conexiunile constau din segmente secvențiale. La fiecare schimbare începe un nou segment de conexiune. În general, Altium permite aranjarea conexiunilor în aranjament vertical, orizontal și la un unghi de 45 ° (la setări avansate putem folosi și curbe) pentru obținerea unui rezultat profesional final.

Vom folosi setările standard. În primul rând, vom alege vizualizarea **Stratului superior**. Utilizați comanda rapidă L pentru a accesa meniul **View configuration** (Configurare configurație), unde eliminăm semnul de marcare în stratul de jos și confirmăm schimbarea, văzută în imaginea 30.

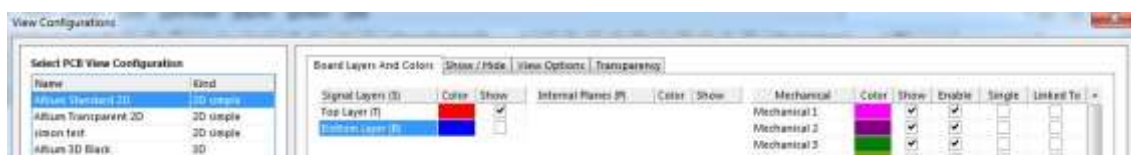




IMAGE 30: CHOOSING PRINTED MATTER TOP LAYER .


La început vă conectați cu . Putem conecta numai acele componente sau conectori care sunt interconectați electric în schemă, care este în mediul PCB prezentat de linii subțiri drepte între plăcuțele de conectare. Apăsând tasta CTRL și făcând clic pe anumite plăcuțe de conectare, putem verifica cu ușurință ce tampoane sunt interconectate. Când realizăm o conexiune între doi conectori, putem termina cu funcția automată **Completare automată**. Acest lucru se poate face făcând clic pe primul conector și apoi pe cel de-al doilea, iar în timpul respectiv apăsați CTRL și săgeata>. Conexiunea va fi creată în cel mai scurt timp între ambii conectori. Această funcție are succes dacă traseul este destul de simplu fără obstacole majore între cele două puncte. Cea de-a doua cale este folosirea tastei ENTER atunci când conexiunile sunt terminate treptat, cu ajutorul



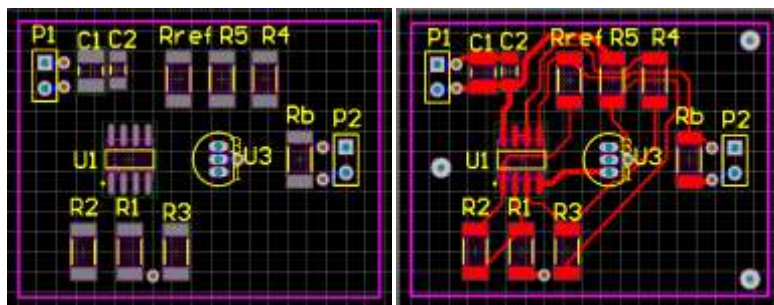
căreia micșorăm numărul de segmente într-o singură conexiune. Altium permite alte moduri de conectare manuală în care putem apăsa SHIFT + R în timpul deplasării și selectați între diferite metode:


- **Push** - În acest mod, conexiunea va încerca să treacă la celălalt punct prin mutarea conexiunilor deja stabilite și a VIA-urilor în cadrul regulilor.
- **Walkaround** - Calea către cel de-al doilea punct încearcă să găsească prin tragerea conexiunii în jurul obstacolelor fără a muta conexiunile existente și VIA-urile.
- **Hug & Push** - Acest fel este o combinație a celor anterioare.
- **Ignorare** - Această metodă permite stabilirea conexiunilor oriunde fără încălcarea regulilor.

De asemenea, trebuie să fim conștienți de componentele pe care le-am stabilit pe suprafața superioară, unde sunt și conexiunile de semnal și cele care au plăcuțe de conectare direcționate prin PCB spre cealaltă parte. Astfel de componente sunt lipite mai jos, deci trebuie să le conectăm cu conexiuni de semnal pe partea superioară cu VIA. VIA-urile pot fi găsite cu tasta Place via . Pentru că vom folosi stratul de bază pentru masă, VIA-urile vor fi instalate la conectorii P1, P2 și referința.

În afară de componente și VIA, este, de asemenea, bine să se prevadă modul în care PCB va fi atașat la carcasă, deoarece avem de obicei nevoie de găuri de șurub. Acestea pot fi create prin selectarea funcției **Place Pad** . Nu conectați-l la nicio conexiune electrică.

Marcați opțiunea Plated (Placată), deci nu veți mai avea mesaje de eroare mai târziu când verificați PCB-ul.



Acum trebuie să umplem partea de jos a materialelor tipărite cu masa GND. Acest lucru se poate realiza prin apăsarea butonului  **Place Polygon Plane** din caseta de instrumente, setarea caracteristicilor acestuia și apoi definirea limitelor poligoanelor prin desenarea lor în PCB, așa cum se vede în imaginile 32 și 33.



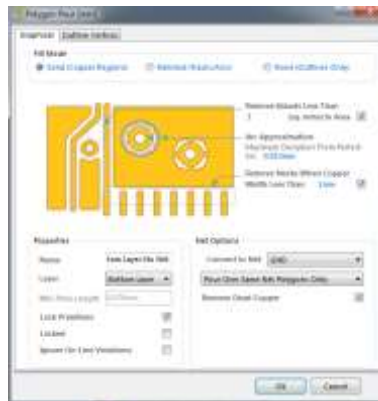


IMAGE 31: DETERMINING POLYGON FOR MASS ON THE BOTTOM PRINTED MATTER SIDE.

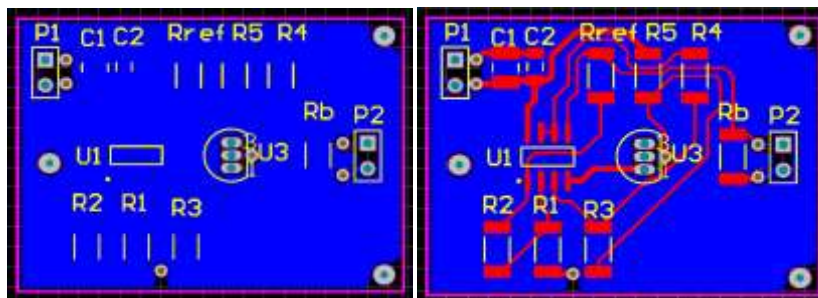


IMAGE 32: PRINTED MATTER WIT ADDED MASS GND ON THE BOTTOM SIDE.

Rutarea automată

PCB-urile mai simple și mai puțin complexe pot fi conectate printr-un regim automat în care toate regulile sunt strict respectate. În cazul nostru, dorim ca o linie de semnal pe partea de jos a PCB să fie rezervată pentru poligonul GND. Pentru aceasta, trebuie să ajustăm setările, astfel încât conexiunile să fie doar în partea superioară. Acest lucru se poate face respectând câteva reguli. **Design → Rules** și sub **Routing Layers** vom activa doar **Top Layer**, imaginea 34. Apoi selectați din meniul **Auto Route → All** și faceți clic pe **Route All**.

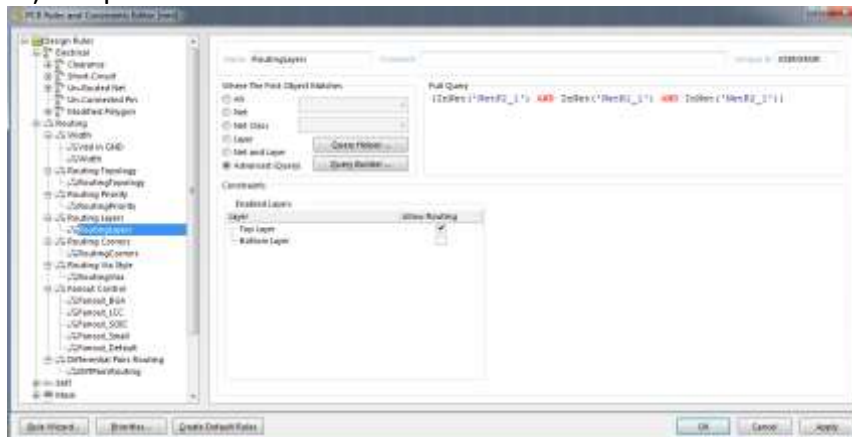


IMAGE 33: CHOOSING UPPER LAYER FOR AUTOMATIC CONNECTION BETWEEN COMPONENTS.



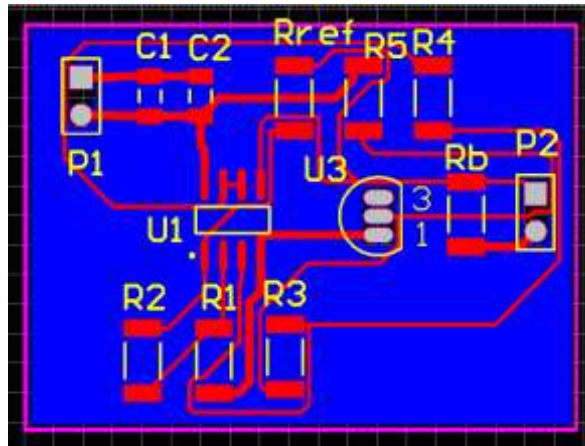


IMAGE 34: RESULT OF AUTOMATIC CONNECTING.

La prima vedere, rezultatul este similar, dar detaliile introduse manual fac diferenta. Există destul de multe greșeli pe care le putem trece cu vederea în materialele tipărite. De asemenea, nu se consideră componentele care sunt lipite pe partea inferioară a contactului electric numai pe partea de jos, astfel încât acestea trebuie să fie conectate cu conexiuni cu VIA pe partea superioară. VIA-urile sunt binevenite la conexiunile GND deoarece le putem face mai scurte. Dacă ne conectăm în mod automat, este bine să utilizați grupurile de conexiuni **Clase net**. Acestea pot fi setate prin interfața cu utilizatorul **Design** → **Classes**. Aici putem adăuga grupuri accesând clasele Net și faceți clic dreapta pe **Add class**. Putem vedea o fereastră în care toate conexiunile electrice disponibile sunt scrise în coloana **Non-members** și în partea dreaptă este spațiul în care putem adăuga o conexiune dorită / marcată cu un clic pe săgeată.

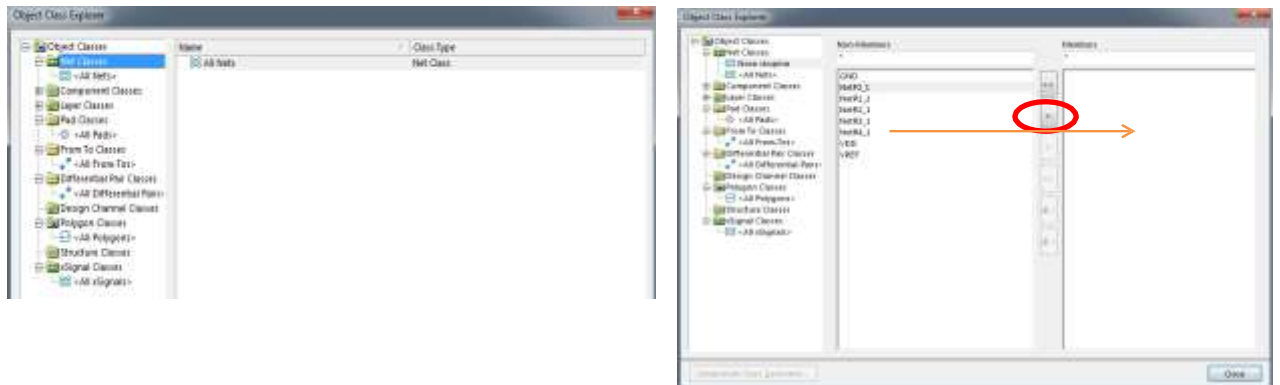


IMAGE 35: ADDING CONNECTION GROUPS.

Vizualizare 3D

Vizualizarea 3D vă permite să vedeți PCB-ul în spațiu din toate punctele de vedere. Putem comuta între vizualizările 1, 2 și 3. Numărul 3 este o comandă rapidă pentru vizualizarea 3D, văzută în imaginea 37.



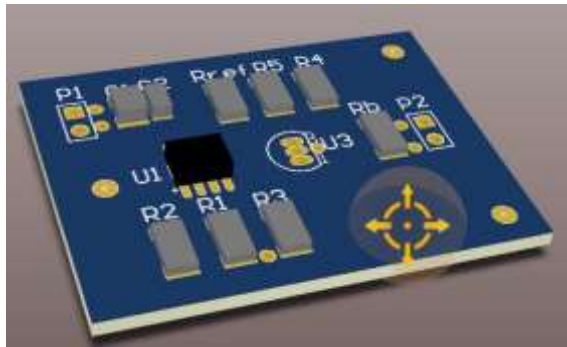


IMAGE 36: 3D VIEW OF PRINTED MATTER.

În vizualizarea 3D putem folosi următoarele comenzi rapide:

- Zoom: CTRL + derulare mouse
- Deplasare în sus / în jos: roțița mouse-ului, deplasare stânga / dreapta: SHIFT + defilare mouse
- Rotire: SHIFT + tasta dreapta pe mouse și trageți în direcția dorită care poate fi selectată pe sferă cu săgeți.

Altium permite importul de obiecte 3D din diverse unelte CAD în format *.step
*. Este, de asemenea, posibil să exportați în formate, cum ar fi: pas, dwg / dxf. Obiectele exportate pot fi utilizate în alte programe CAD care acceptă formatele menționate.

Documentația finală

Documentele finale sau de export pot fi împărțite în 5 grupe:

1. Lista pieselor

- a. Planuri pentru aranjarea automată a componentelor robotice..
- b. Planuri pentru plasarea componentelor pe ambele fețe PCB.

2. Documentația de ieșire

- a. Planuri de componente, inclusiv conexiuni de cupru..
- b. Vizualizări 3D ale PCB.
- c. Afișarea schematică a circuitelor electronice..

3. Documentație pentru producția de materiale tipărite

- a. Șabloane de găurite compozite - planuri pentru găuri, poziția și dimensiunea lor, toate într-un singur plan.
- b. Drill Drawing / Guides - planuri pentru găuri și instrucțiuni pentru realizare, poziția și dimensiunile lor în desene separate.
- c. Imprimări finale de lucrări - într-un plan există o mulțime de informații de ieșire diferite.
- d. Fișiere Gerber - fișiere Gerber, realizate separat pentru fiecare strat



PCB.

- e. NC Drill Files - pentru controlul numeric (CNC) al mașinilor de foraj.
- f. ODB ++ - Crearea de baze de date pentru producător în format ODB ++, socketd pe C ++.
- g. Planurile Power-Plane - planuri pentru straturi interne și separate.
- h. Solder / Paste Mask Prints - planuri pentru straturi protejate.
- i. Test Point Report - raport privind punctele de testare.

4. Netlist - lista de conexiuni

- a. Listele prezintă logică care leagă componentele (în diferite formate de text, CSV (valori separate prin virgulă))

5. Rapoarte de ieșire

- a. Bill of Materials - lista materialelor de care avem nevoie pentru realizarea circuitului electric
- b. Raportul de referință pentru componentele componente - lista componentelor bazate pe schema electrică.
- c. Raportați ierarhia proiectului - lista tuturor documentelor..
- d. Raportați un singur pin de rețea - lista de conexiuni care au doar un singur conector.

Documentație pentru nevoile de producție

În ultima fază, trebuie să furnizăm toate documentele necesare producătorului de PCB care sunt necesare înainte de fabricarea PCB. Pentru aceasta, trebuie să trimitem fișiere de găurit și listă de materiale Gerber și NC.

Salvarea fișierelor Gerber - Fiecare fișier Gerber corespunde unui singur strat fizic imprimat cu toate profilele de linie posibile (suprapunere de componente, straturi de semnal, straturi de mascare de lipire etc.). Înainte **de trimiterea** și salvarea fișierelor Gerber, se recomandă să consultați producătorul pentru a fi în acord cu cerințele acestuia.

