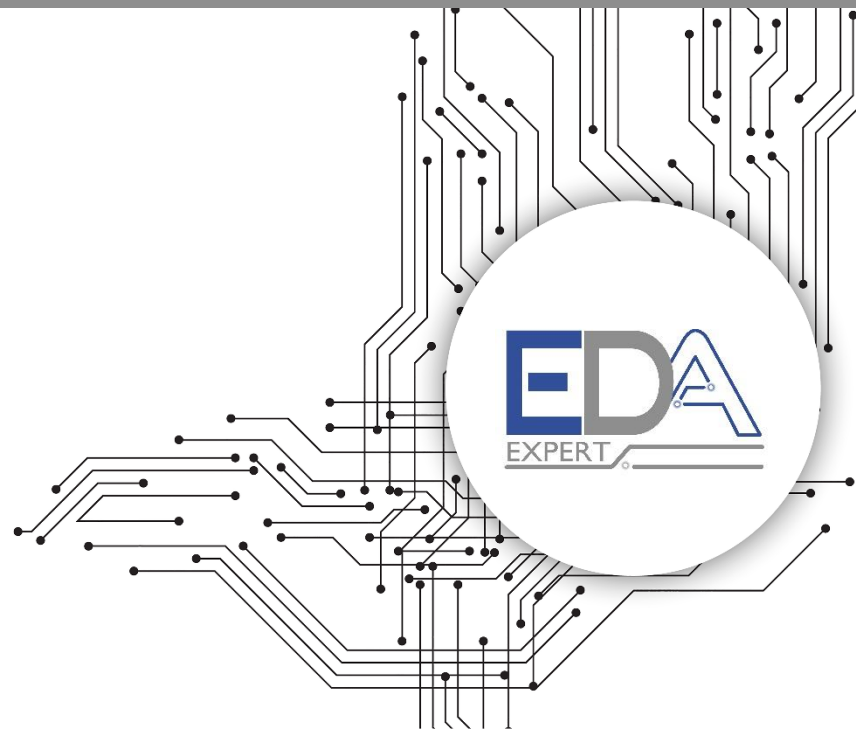


FOURNISSEUR DE SOLUTIONS POUR LA CONCEPTION
ET LA FABRICATION DES SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES



Méthode de conception d'une carte électronique rapide



Part 1 – Présentation et thèmes abordés

Un bon concepteur possède le cœur de l'artiste et l'âme du mathématicien, et chaque circuit est une œuvre d'art réalisée avec une précision mécanique.

Avertissement:

Dans une formation de trois jours, il n'est pas possible de transmettre la totalité des savoirs nécessaires à la conception de circuits imprimés Hautes Fréquences.

Néanmoins, nous allons parcourir les sujets importants qui président à l'élaboration de tels circuits et vous transmettre la sensibilité nécessaire à appréhender les difficultés inhérentes à celle-ci.

Les concepts mathématiques concernant l'électromagnétisme exigent une formation supérieure pour manipuler les logiciels de calculs et de simulation nécessaires pour concevoir des circuits fonctionnant selon les spécifications.

Nous avons simplifié au maximum l'aspect mathématique, ce qui permet de travailler sur les technologies digitales actuelles jusqu'à quelques GigaHertz. Au-delà, l'emploi d'outils spécifiques est indispensable.

Une fois de plus c'est votre travail personnel, à l'issue de cette formation qui sera le moteur de vos futurs succès.

Avertissement:

Les formules de calcul utilisées dans cette présentation sont généralement dérivées des recommandations IPC-D-317A et IPC2141A.

Ces formules sont mentionnées à titre didactique, et peuvent être imprécises.

EDA-Expert recommande vivement l'emploi d'un logiciel de calculs spécifiques pour définir avec exactitude les spécification des circuits imprimés.

EDA-Expert recommande également la validation systématique de la conception des empilages par le fabricant des circuits, en tenant compte de ses stocks et de son expérience, et bien sûr des coûts induits par les matériaux et le nombre d'opérations exigées par les choix des concepteurs (Schémas & Layout)

En aucun cas EDA-Expert ne saurait être tenu pour responsable des résultats obtenus suite à l'utilisation de ces documents et formules de calculs, et des conséquences pouvant en découler.

Lois fondamentales régissant la conception du circuit imprimé:

- La loi d'Ohm
- Les lois de Kirchoff (Lois des nœuds et des mailles)
- Les lois de Faraday et de Lenz sur l'électromagnétisme
- Et bien sûr la loi de Murphy

En tout état de cause, la loi ayant le plus d'influence sur notre travail reste la loi de Murphy, aussi connue sous le nom de « Postulat de la Tartine »

En conséquence,

durant cette formation, nous ne parlerons que d'électromagnétisme, d'intégrité des plans d'alimentations, d'intégrité du signal, de comportement thermique, de technologie ainsi que de méthodologie, de gestion des risques; et surtout, surtout pas de logiciels de CAO.

Nous ne traiterons jamais le « Comment » mais toujours le « Pourquoi »

Les thèmes abordés:

- La méthodologie de conception en quelques mots - L'IPC et ses recommandations
- La physique, la compatibilité électromagnétique et le tracé des circuits imprimés
- Les matériaux – Leurs caractéristiques
- La méthode de conception de l'empilage (stackup)
- La conception des réseaux d'alimentation et la réduction du bruit
- Le dimensionnement et calculs des empilages, des pistes et des plans
- Les Vias – Traversants, borgnes, enterrés, contre-percés, la technologie "HDI"
- Le comportement thermique du PCB et son amélioration
- La conception des empreintes et la conformité IPC-7351B
- La revue de schémas et les contraintes de routage (DRC)
- Les lignes de transmission et leurs terminaisons
- Le routage des paires différentielles LVDS - HDMI - PCIe - SATA - USB
- Le routage des horloges, des bus parallèles rapides
- Le "Fanout" et le routage de sortie des circuits BGA
- La topologie, l'implantation et le routage des mémoires DDR3 – DDR4
- L'intégrité du signal, la diaphonie
- Les guides d'ondes
- La simulation Spice et les lignes de transmission
- Le dossier de justification de routage
- La validation et les mesures physiques

L'intégrité du Signal:

Pour l'implanteur, c'est un ensemble de techniques qui :

- Assurent que les signaux émis sont correctement reçus
 - Conception de l'empilage et respect des impédances imposées
 - Choix des matériaux en fonction de la fréquence des signaux
 - Lignes de transmission correctement adaptées
- Assurent que les signaux n'interfèrent pas les uns avec les autres
 - Respect de l'intégrité des plans et des réseaux de distribution des alimentations
 - Respect des contraintes de routage liées à la diaphonie
- Assurent qu'aucun signal émis ne pollue le spectre électromagnétique
 - Compatibilité CEM émissions conduites
 - Compatibilité CEM émissions rayonnées
- Assurent qu'aucun signal n'est pollué par le spectre électromagnétique
 - Compatibilité CEM susceptibilité aux émissions conduites
 - Compatibilité CEM susceptibilité aux émissions rayonnées
- Assurent que les composants ne sont pas endommagés par des signaux inadéquats

Les particularités de conception des PCB Rapides concernent plus particulièrement les domaines suivants:

- Les lignes de transmission à temps de commutation rapide
- Les liens série multi-Gigabits
- Les guides d'ondes

Ce qui représente une grande partie des PCB conçus aujourd'hui.

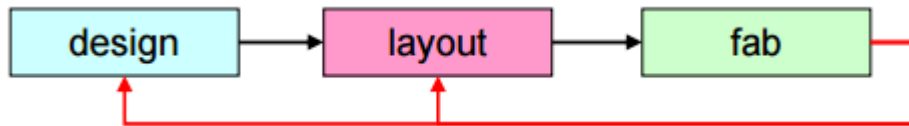
Cette formation concerne exclusivement la partie PCB, et donc ne traite pas de la conception électronique (Composants, schémas, HDL), ni de la simulation SI ou PI.

Néanmoins, son rôle est de fournir les informations permettant le dialogue avec les concepteurs et les fabricants, la compréhension des phénomènes électriques et électromagnétiques, ainsi qu'une méthodologie conduisant à la réalisation de circuits imprimés exempts de défauts rédhibitoires.

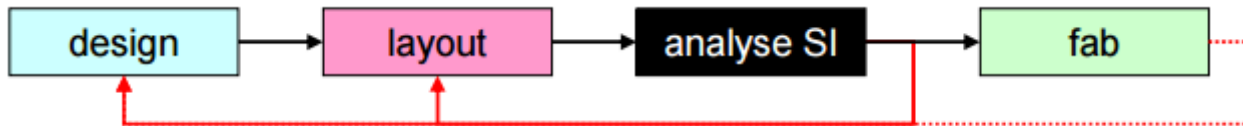
Les méthodes en usage pour l'élaboration des circuits conventionnels s'appliquent ici sans restrictions lorsqu'elles reposent sur des réalités physiques.

Il n'y a rien de neuf, juste l'indispensable prise en compte de phénomènes physiques qui étaient trop souvent ignorés parce que complexes et mal compris.

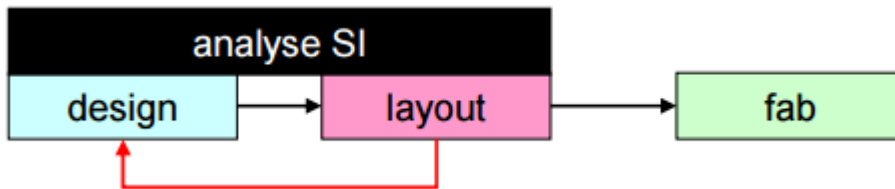
Les flux de conception



Conception puis correction



Prototypes virtuels



Correct par conception.

Les PCB rapides sont caractérisés par :

- ◆ Une proportion importante d'équipotentiels de longueur critique qui se comportent comme une ligne de transmission et nécessitent donc une adaptation pour respecter l'intégrité du signal (Charge simple, Thévenin, série, AC, etc..)
- ◆ Des lignes de transmission différentielles multi-gigabits à « Impédance critique »
- ◆ Une forte densité de composants, souvent montés sur les deux faces du PCB
- ◆ L'emploi de matériaux performants (Cuivre, diélectriques et vernis de finition)
- ◆ L'utilisation de microvias (Mécaniques ou Laser) traversants, borgnes et / ou enterrés
- ◆ Un mélange de genres a priori incompatibles :
 - ◆ Bus haute vitesse (Mémoires DDR3 – DDR4, écrans TFT, Trace JTAG)
 - ◆ Lignes de transmission différentielles (PCIe, USB, SATA, HDMI-DVI, LVDS)
 - ◆ Electronique de puissance (Alimentations à découpage, contrôle moteurs...) Analogique (Acquisition, dalles tactiles, MEMs)
 - ◆ Radio (Bluetooth, GSM, NFC, Wifi et toutes solutions "low power" propriétaires)
- ◆ D'où un risque important de non-conformité (Faisabilité, implantation, intégrité du signal, CEM)

La conception des PCB rapides est un travail d'équipe :

Bien connaître ses clients et ses partenaires, leur métier et leur savoir-faire.

Ne pas leur faire confiance à priori. Exiger des engagements, des preuves et des chiffres. Et surtout bien prendre en compte les limitations techniques et technologiques de chacun.

Notre métier représente une somme de compétences que nos clients n'appréhendent pas toujours. Il est indispensable d'expliquer pour obtenir des accords:

- Les contraintes de fabrication du PCB en lui-même
- Les contraintes d'encombrement et de placement des composants
- Les contraintes de soudabilité et le process de brasure
- Les exigences de contrôle et de testabilité (Test optique, sonde mobile ou fonctionnel)
- La gestion des risques (L'acceptable et l'accepté par tous et par chacun)

Sans oublier les contraintes de conception (Schéma, Layout, mécanique) , de bon fonctionnement et de respect des normes et réglementations en vigueur (UL/CSA, CE, FCC, Radio, etc.)

Et toujours faire valider chaque phase de la conception par tous les acteurs concernés

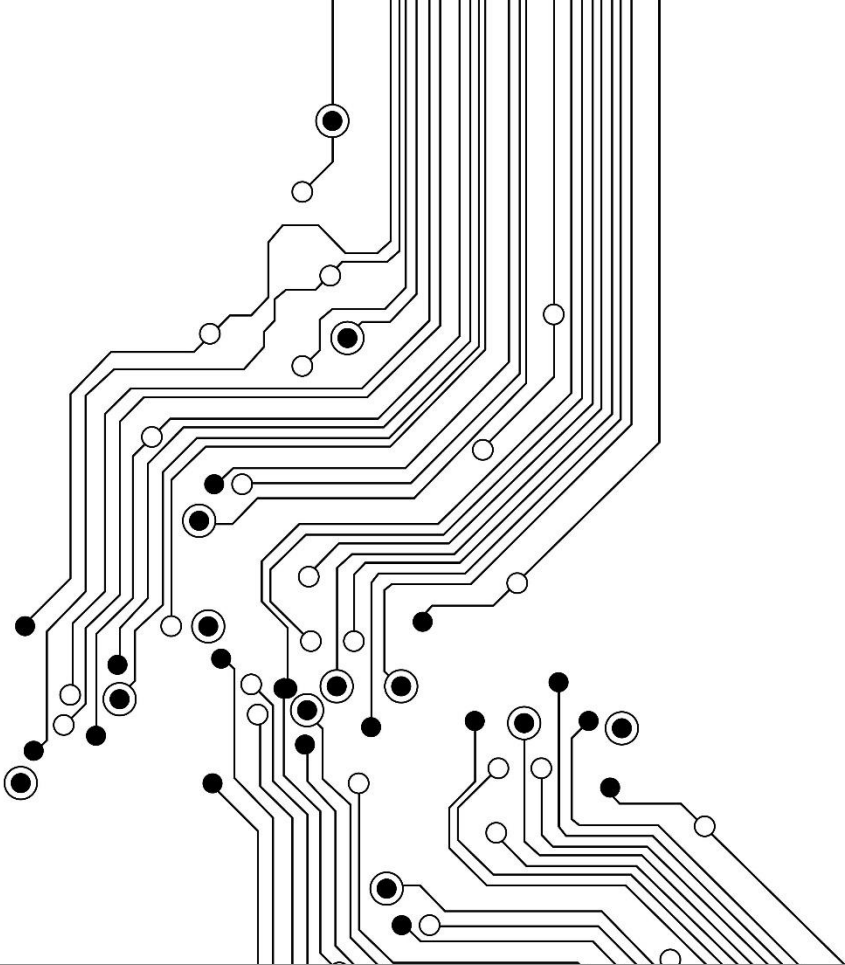
Le circuit imprimé est défini d'une part en fonction des exigences du client et d'autre part en fonction des possibilités technologiques et du savoir-faire du fabricant :

- Épaisseur finie de l'assemblage (Compatibilité mécatronique)
- Les matériaux réellement employés, et non ceux plus ou moins imposés par le client
- Nombre de couches, d'opérations, finesse de la gravure, technologies et diamètres de perçage (Complexité => Prix, délais)
- Le respect des impédances « critiques »
- Les caractéristiques mécaniques et thermiques (Délamination (Td), transition vitreuse (Tg))

Ce qui implique de :

- Toujours commencer par demander un empilage "type" semblable à celui pressenti
- Valider les impédances proposées par le fabricant du PCB (Dimensions et isolations)
- Adapter les propositions à son besoin (Jouer avec les tolérances)

Et, comme toujours, faire valider le résultat par le fournisseur (Impédances, matériaux, technologie, faisabilité) et le client (Choix du fournisseur, des technologies et des coûts).

A stylized graphic of a circuit board, composed of numerous thin black lines representing traces. The lines are arranged in a way that suggests a complex network of connections, with some lines ending in small circles representing vias or components. The graphic is positioned on the left side of the page, extending from the top to the bottom of the main content area.

EDA Expert SAS
1 Av Paul Vaillant Couturier
94110 Arcueil, France

Tel : +33 (0) 1 58 07 00 79
Email : contact@eda-expert.com

WWW.EDA-EXPERT.COM