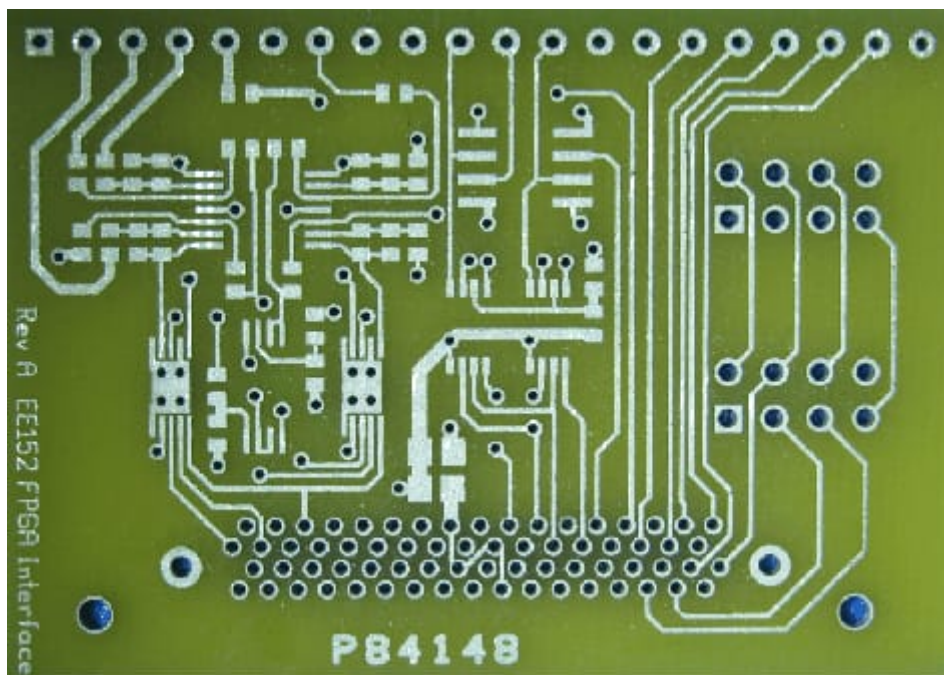


# Introduction à la fabrication d'un circuit imprimé

## Préambule sur les circuits imprimés

Un circuit imprimé (**PCB, pour Printed Circuit Board**) est un support physique utilisé pour connecter électriquement et maintenir mécaniquement des composants électroniques dans un circuit.

Il se présente sous la forme d'une plaque, généralement un substrat rigide (mais parfois flexible), composée d'une ou plusieurs couches de matériaux conducteurs (comme le cuivre) séparées par un matériau isolant (diélectrique).



Circuit imprimé

### Rôle du circuit imprimé :

- **Connexion électrique** : Il relie les différents composants électroniques selon un schéma défini.
- **Support physique** : Il maintient les composants en place, garantissant leur stabilité et leur organisation.

- **Miniaturisation** : Il permet d'intégrer des circuits complexes dans des espaces réduits, rendant les dispositifs électroniques plus compacts.
- **Fiabilité** : Les connexions sont reproductibles et robustes, réduisant les risques d'erreurs par rapport aux câblages manuels.

## Structure d'un circuit imprimé :

- **Substrat** : Une base rigide ou flexible, souvent en fibre de verre (plaque époxy FR-4) ou en polyimide, qui donne au PCB sa forme et sa solidité.
- **Couche de cuivre** : Une ou plusieurs fines couches de cuivre gravées pour créer les pistes électriques et les pastilles nécessaires à la connexion des composants.
- **Couche de diélectrique** : Une fine couche pour isoler les couches de cuivre internes.
- **Pistes** : Des lignes conductrices reliant les différents composants selon les besoins du circuit.
- **Pastilles** : Des points de connexion où les composants sont soudés. Il existe 2 types de pastilles : pastilles perforés pour souder les composants traversants et les pastilles non perforées (plots) pour souder les composants montés en surface.
- **Vias** : Des trous métallisés pour relier les couches de cuivre entre elles. Il existe trois types de vias : les vias borgnes, les vias traversants et les vias enterrés. Les vias traversants offrent une connexion électrique entre les couches supérieure et inférieure. Les vias aveugles et enterrés sont associés à des couches internes qui manquent à un PCB à 1 ou 2 couches.
- **Masque de soudure** :
- **Sérigraphie** : Une couche imprimée indiquant les références des composants et les informations utiles pour le montage.

## Types de circuits imprimés :

- **Simple face** : Une seule couche de cuivre pour les connexions.
- **Double face** : Deux couches de cuivre, avec des vias pour relier les deux faces.
- **Multicouches** : Plusieurs couches de cuivre séparées par des isolants, utilisées dans les circuits complexes comme ceux des ordinateurs.
- **PCB flexibles** : Réalisés sur des matériaux flexibles pour s'adapter à des formes non planes.

Layer stack up	Layer	Thickness(mm)
	Top Solder Mask	0.01
	Top Layer	0.035
	Core	1.5
	Bottom Layer	0.035
	Bottom Solder Mask	0.01

## Carte double face

Layer Stack	Layer Name	Type	Material	Thickness (mm)	Dielectric Material
	<input checked="" type="checkbox"/> Top Overlay	Overlay			
	<input checked="" type="checkbox"/> Top Solder	Solder Mask/Coverlay	Surface Material	0.01	Solder Resist
	<input checked="" type="checkbox"/> Top Layer	Signal	Copper	0.035	
	<input checked="" type="checkbox"/> Dielectric1	Dielectric	Core	0.254	FR-4
	<input checked="" type="checkbox"/> Signal Layer 1	Signal	Copper	0.035	
	<input checked="" type="checkbox"/> Dielectric 3	Dielectric	Prepreg	0.127	
	<input checked="" type="checkbox"/> Signal Layer 2	Signal	Copper	0.035	
	<input checked="" type="checkbox"/> Dielectric 4	Dielectric	Core	0.254	
	<input checked="" type="checkbox"/> Internal Plane 1	Internal Plane	Copper	0.035	
	<input checked="" type="checkbox"/> Dielectric 2	Dielectric	Prepreg	0.127	FR-4
	<input checked="" type="checkbox"/> Bottom Layer	Signal	Copper	0.035	
	<input checked="" type="checkbox"/> Bottom Solder	Solder Mask/Coverlay	Surface Material	0.01	Solder Resist
	<input checked="" type="checkbox"/> Bottom Overlay	Overlay			

Carte multicouches (2 couches internes de cuivre, 1 plan interne)

## Fabrication d'un circuit imprimé ou PCB

La fabrication d'un circuit imprimé est un processus qui comprend plusieurs étapes :

- **La conception** : c'est l'étape initiale de la fabrication d'un circuit imprimé. Elle consiste à créer le schéma électronique du circuit imprimé.
- **Le routage** : cela consiste à placer les composants électroniques sur le circuit imprimé et à les relier entre eux par des pistes de cuivre.
- **La gravure** (ou l'impression) : c'est l'étape qui permet de graver la piste de cuivre (ou déposer la couche de cuivre) sur la couche appropriée.
- **Le perçage** : c'est l'étape qui consiste à créer les trous des pastilles.
- **Le montage** : c'est la dernière étape qui consiste à souder les composants électroniques sur le circuit imprimé.

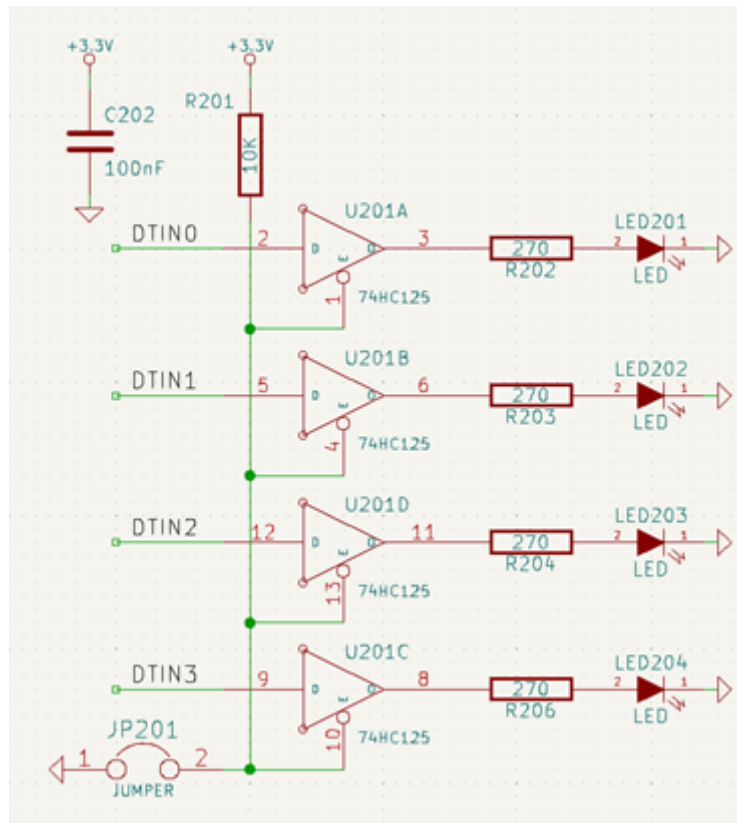
## La conception d'un circuit imprimé

La conception d'un circuit imprimé commence par la réalisation d'un schéma électronique, où sont définis les composants et leurs connexions. Elle se poursuit par le transfert d'une netlist de l'éditeur de schéma vers l'éditeur de PCB afin de réaliser le placement des composants sur la carte puis le routage des pistes sur une ou plusieurs couches de cuivre.

Le développement de circuits imprimés est généralement réalisé à l'aide d'une suite logicielle de conception électronique (**Electronic Design Automation - EDA**). A l'IUT de Haguenau, nous utilisons le logiciel **KiCad** depuis la rentrée universitaire 2024 (**Altium Designer** pendant 15 ans).

### Le Schéma

Le schéma est une représentation graphique du circuit électronique. Il est constitué de symboles normalisés, représentant chaque composant du circuit (résistances, condensateurs, transistors, diodes, etc.), et de fils de connexion reliant les broches des symboles. Chaque composant y est identifié par une référence unique (par exemple, R1 pour une résistance ou U1 pour un circuit intégré), accompagnée éventuellement de ses valeurs ou spécifications (telles que la résistance en ohms ou la capacité en farads) comme illustré sur la figure ci-dessous.



Ce schéma est essentiel lors de la conception d'un circuit imprimé, car il décrit les interconnexions à reproduire sur le PCB pour garantir le fonctionnement attendu. Dans une suite logiciel de conception PCB, le schéma électronique joue un rôle central en tant que première étape du processus de création dont voici ses principales fonctions :

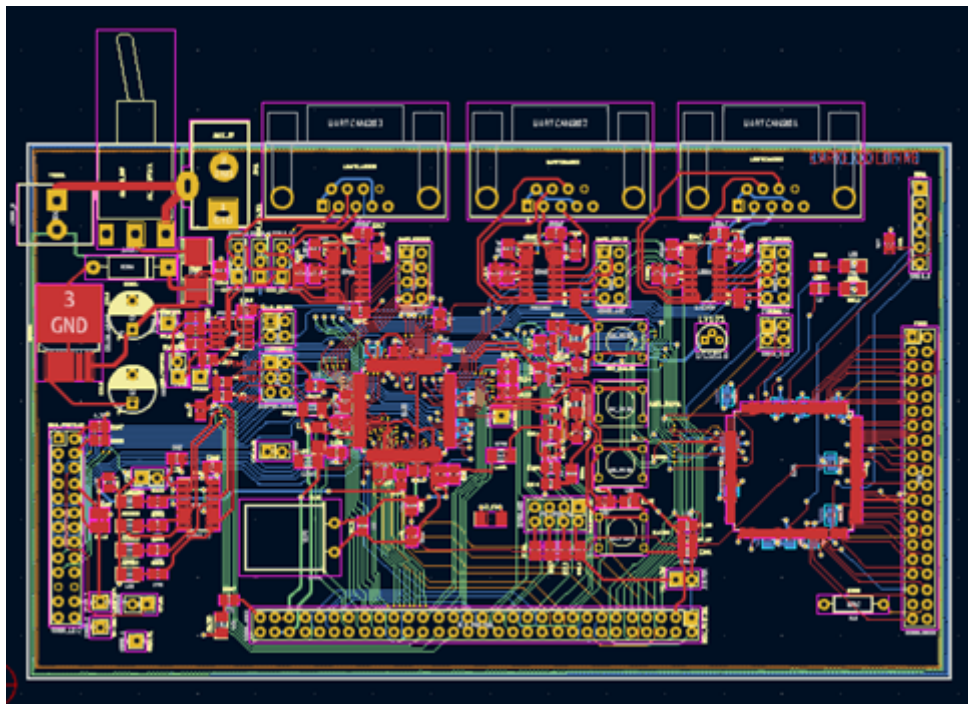
- Définir le circuit et ses connexions :
  - Le schéma électronique décrit les composants du circuit et la manière dont ils sont connectés.
  - Il sert de base pour organiser et comprendre le fonctionnement global avant de passer à l'étape physique du PCB.
- Faciliter la simulation et la validation :
  - Grâce à des outils de conception assistée par ordinateur (CAO), le schéma permet de simuler le comportement du circuit, de détecter des erreurs ou des incompatibilités, et de vérifier sa fonctionnalité avant toute fabrication.
- Générer une Netlist :
  - Le schéma produit un fichier appelé Netlist, qui répertorie toutes les connexions électriques entre les broches des composants.
  - Ce fichier est utilisé pour guider la conception du PCB en garantissant que toutes les connexions spécifiées dans le schéma sont respectées.

- Simplifier le placement des composants :
  - Chaque composant présent dans le schéma est associé à une empreinte physique sur le PCB.
  - Cela facilite leur placement correct sur la carte en respectant le design logique du circuit.
- Assurer la cohérence et le contrôle des erreurs :
  - Le schéma est utilisé pour vérifier automatiquement que le routage des pistes sur le PCB correspond aux connexions définies.
  - Des outils de vérification (Design Rule Check, DRC) comparent le schéma au PCB pour s'assurer qu'aucune connexion n'a été oubliée ou mal réalisée.

Ce schéma est ensuite traduit en un plan de PCB à partir d'une netlist qui permet de transférer les empreintes des composants et les équipotentiels afin de tracer les pistes.

## La carte de circuit imprimé

La carte de circuit imprimé est la réalisation physique du schéma, avec des empreintes physiques de composants positionnées sur la carte et des pistes en cuivre pour établir les connexions décrites dans le schéma. Les empreintes sont un ensemble de pastilles de cuivre qui correspondent aux broches d'un composant physique. Les composants eux-mêmes sont fixés au PCB via des pastilles de soudure, soit en traversant la carte (**Through-Hole Technology**), soit en surface (**Surface-Mounted Device ou CMS**).



Une fois conçu, les couches de cuivre sont fabriquées par gravure, impression ou des procédés plus avancés comme la photolithographie pour former les pistes qui assurent les connexions électriques entre les différents empreintes des composants.

Chaque composant sera ensuite soudé sur son empreinte correspondante sur le circuit imprimé.

---

Revision #30

Created 21 January 2025 22:12:08 by admin\_geii

Updated 28 January 2025 09:45:34 by admin\_geii