

EEA0601

TP longue durée transdisciplinaire EEAI

Principes de réalisation d'une carte électronique

David CARTON
Département EEA
École d'ingénieurs en Sciences industrielles et Numérique (EiSINe)
Université de Reims Champagne-Ardenne
david.carton@univ-reims.fr

Table des matières

| | |
|--|----------|
| A - PRINCIPES DE RÉALISATION D'UNE CARTE ÉLECTRONIQUE | 4 |
| A.1 - Introduction | 4 |
| A.2 - Création du schéma (schematic) | 4 |
| A.2.1 - Objectifs | 4 |
| A.2.2 - Consignes | 5 |
| A.3 - Création de la carte (board) et de son(ses) typon(s) | 5 |
| A.3.1 - Objectifs | 5 |
| A.3.2 - Consignes | 5 |
| A.3.2.1 - Placement des composants | 6 |
| A.3.2.2 - Routage des pistes | 6 |
| A.3.2.2.a - Impédance des pistes | 6 |
| A.3.2.2.b - Rayonnements électromagnétiques | 7 |
| A.3.2.2.c - Vérification du typon | 7 |
| B - BIBLIOGRAPHIE | 8 |

A - PRINCIPES DE RÉALISATION D'UNE CARTE ÉLECTRONIQUE

A.1 - INTRODUCTION

La réalisation de carte électronique se fait au moyen de logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur). En TP nous utiliserons le logiciel Eagle de la société Autodesk.

Ce logiciel permet de saisir dans un premier temps le schéma électrique (« Schematic ») d'un circuit électronique puis dans un second temps de réaliser le typon (« Board ») associé.

Le schéma permet de mettre en évidence les composants utilisés et les différentes connexions électriques entre eux.

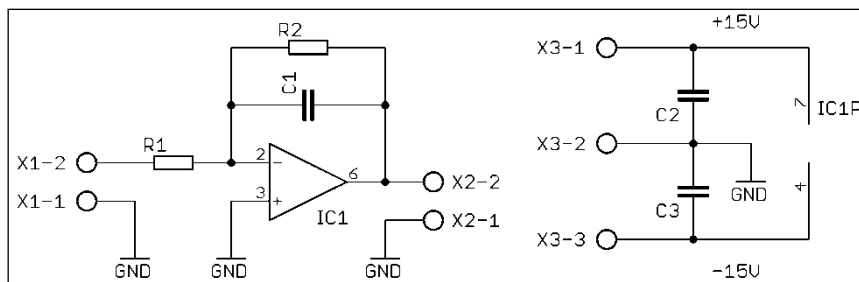
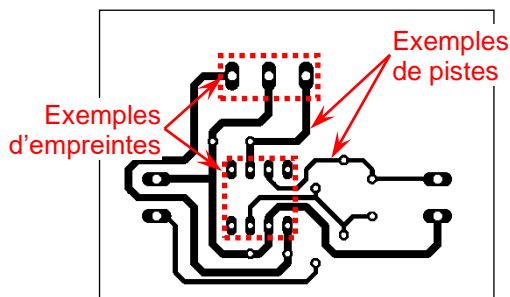
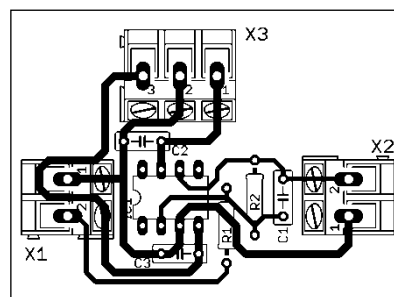


Schéma (schematic)

Le typon contient le dessin des empreintes des composants et des pistes conductrices qui relient entre elles les pattes des différents composants en respectant les connexions du schéma. Ce sont ces empreintes et ces pistes qui apparaîtront sous la forme d'un dépôt de cuivre sur la carte électronique qui sera finalement réalisée.



Typon (board)



Typon avec représentation des composants

Pour une carte électronique donnée les différents fichiers qui décrivent le schéma électrique et le typon sont regroupés au sein d'un même « projet ».

A.2 - CRÉATION DU SCHÉMA (SCHEMATIC)

A.2.1 - Objectifs

Le schéma doit :

- Présenter de manière exhaustive l'ensemble des connexions à réaliser entre les composants de la carte électroniques qui va être créée ;
- Permettre de mettre en évidence le plus facilement possible les différentes fonctions réalisées par cette carte.

A.2.2 - Consignes

Avant de se lancer dans la saisie du schéma, il est important de comprendre le fonctionnement du circuit qu'il va représenter. Cette analyse ne pourra que faciliter sa saisie et la réalisation du typon qui suivra.

Un schéma doit être alors réalisé en respectant les consignes et les conventions qui sont listées ci-dessous :

- Il sera séparé en plusieurs blocs fonctionnel chacun réalisant une fonction facile à identifier (par exemple dans le cas d'une carte d'acquisition : filtrage, conversion analogique-numérique, connecteurs d'entrées- sortie, alimentation des composants, ...) ;
- Autant que possible les signaux se propageront de la gauche vers la droite, les entrées d'un bloc fonctionnel seront donc placées à sa gauche, les sorties à sa droite ;
- Les alimentations et leurs masses seront positionnées autant que possible de telle manière que leurs courants circuleront de haut en bas ;
- Les nombres d'angles des connexions et de croisements entre connexions seront minimisés ;
- Afin d'éviter que des connexions traversent tous le schéma et qu'elles se croisent entre elles, les signaux qui vont d'un bloc à l'autre seront nommés de manière explicite et des renvois de type « label » seront utilisés (cf. « A.4.4.9 - Nommer un signal ou une piste » et « A.4.4.10 - Afficher une étiquette avec le nom d'une piste » dans le mode d'emploi d'Eagle).
- Les alimentations et notamment la « masse » seront matérialisées au moyen de symboles spécifiques (cf. librairie « supply1 » et « supply2 » dans Eagle)
- Les outils de vérification intégré au logiciel utilisé seront mis en œuvre pour vérifier la conformité du schéma avant de passer à la création du typon (cf. « A.4.4.15 - Vérifier le schéma » dans le mode d'emploi d'Eagle).

A.3 - CRÉATION DE LA CARTE (BOARD) ET DE SON(S) TYPON(S)

A.3.1 - Objectifs

Le typon (ou l'ensemble des typons dans le cas de circuits multicouches) :

- Contient le dessin des empreintes des contacts de l'ensemble des composants de la carte électronique ; Ces empreintes sont positionnées là où se trouveront les composants sur la carte finie ;
- Contient le dessin de l'ensemble des pistes telles qu'elles apparaîtront sur les différentes couches conductrices de la carte électronique afin de réaliser, de manière exhaustive, les connexions entre les différents contacts des composants.
- Est utilisé pour réaliser par photogravure soustractive les différentes couches conductrices d'une carte électronique.

A.3.2 - Consignes

Un certain nombre des consignes listées ci-dessous trouvent leurs justifications :

- Dans le dimensionnement de la carte et de ses constituants pour supporter les courants en jeu (largeurs de pistes) ou les tensions (distance d'isolement entre pistes ou composants).

- Dans la nécessaire immunité à donner à la carte vis à vis des perturbations électromagnétiques qui existent dans son environnement ainsi que dans la minimisation de la pollution électromagnétique générée par la carte elle-même qui peut perturber son fonctionnement ou celui des cartes qui l'entourent.

A.3.2.1 - Placement des composants

La première étape consiste à placer les composants (et leurs empreintes) sur la carte de manière à :

- Minimiser au mieux les croisements du chevelu (fil jaune dans Eagle) qui représente l'ensemble des connexions qui devront être matérialisées par des pistes : les composants qui sont proches les uns des autres dans le schéma gagneront probablement à être proches les uns des autres sur la carte (utiliser très régulièrement la commande permettant de redessiner le chevelu - cf. « A.5.4.6 - Casser l'angle droit d'une piste » dans le mode d'emploi d'Eagle).
- Respecter l'orientation et l'encombrement de chaque composants (ils ne faut pas qu'ils se touchent quand ils seront soudés sur la carte).
- Regrouper autant que faire se peut les borniers sur un bord de la carte (pour éviter que la carte soit traversée par des courants de mode commun et subisse ainsi des variations de tensions perturbantes) ;
- Séparer dans des zones différentes les circuits numériques et analogiques afin d'éviter que les perturbations générées par les circuits numériques ne viennent perturber les circuits analogiques souvent plus sensibles.
- Rapprocher les capacités de découplages des alimentations au plus près des contacts des composants qu'elles doivent protéger.

A.3.2.2 - Routage des pistes

La deuxième étape consiste à tracer les pistes.

A.3.2.2.a - Impédance des pistes

Les pistes ne sont pas des conducteurs parfaits. Elles présentent des composantes résistives, inductives et capacitives :

- La composante résistive peut être à l'origine d'une chute de tension qui est fonction du courant qui circule dans la piste (et donc de son contenu fréquentiel) ;
- La composante inductive pose souvent problème. En effet la valeur de son impédance augmente avec la fréquence ce qui répercute sur la tension les « perturbations » haute fréquence du courant qui circule dans la piste ;
- La composante capacitive va surtout influencer sur les temps de montée et de descente des signaux.

Afin de minimiser leurs composantes résistives et inductives les pistes seront donc tracées :

- En minimisant leurs longueurs ;
- En augmentant autant que possible leurs largeurs.

Pour les pistes d'alimentation l'utilisation de plans (pistes qui occupent idéalement toute la surface de la carte) offrent les meilleures performances quant à la minimisation des composantes résistives et inductives. S'il n'est pas toujours possible de réaliser un plan pour chaque alimentation, il sera toujours

utile/indispensable d'en utiliser un pour la masse. Un plan ne doit pas être coupé par une piste au risque de voir ses performances diminuer voire être annulées dans le cas de pistes longues ou nombreuses.

Une bonne manière de réduire l'inductance parasite d'une connexion est aussi d'utiliser des composants en boîtiers montés en surface (CMS - ou SMD en anglais : Surface Mounted Device).

A.3.2.2.b - Rayonnements électromagnétiques

Une piste conductrice se comporte comme une antenne qui peut capter ou être à l'origine :

- D'un champ magnétique si elle forme une boucle de surface suffisamment grande (parcourue par un courant dans le cas de l'émission) ;
- D'un champ électrique si elle est assez longue et soumise à des différences de potentiels.

Afin de minimiser les perturbations émises ou capter par ces pistes il faut les tracer :

- En minimisant la surface des boucles qu'elles forment ;
- En minimisant leurs longueurs.

Un soin particulier sera apporté à la réduction des boucles de courant constituées par les pistes de masse et d'alimentation :

- Celles-ci devront être tracées en premier. Elles le seront de manière les plus courtes possible et les plus proches possibles l'une de l'autre ;
- Les capacités de découplages seront reliées de la manière la plus courte et la plus directe possible avec les contacts correspondants du composant.

Quand une piste conduit un signal perturbateur, son influence sur les pistes qui l'entourent peut être réduite en l'éloignant de celles-ci. Empiriquement un écartement de 3 fois la largeur des pistes donne des résultats corrects. Il faut aussi éviter que les pistes soient parallèles sur de trop grandes distances.

Les pistes en bord de carte rayonnent plus. Il faut donc éviter d'en placer trop près du bord.

Afin de limiter l'inductance parasite des pistes, celles-ci ne doivent pas présenter d'angles droits. Il faut donc en « casser » les angles à 90° (cf. « A.5.4.6 - Casser l'angle droit d'une piste ») et éviter les intersections en T.

A.3.2.2.c - Vérification du typon

Utiliser l'outil intégré de vérification pour vérifier la conformité du typon (cf. « A.5.4.18 - Vérifier le typon »).

B - BIBLIOGRAPHIE

- DUNAND P. - Tracés des circuits imprimés - 2^{ème} édition - DUNOD - 2000 - ISBN 2 10 005160 1
- Wikipédia - Circuit imprimé - Site Web - https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_imprim%C3%A9
- BOYER A. - Règles de conception faible émission rayonnée pour les circuits imprimés - Polycopié - 2011 - http://www.alexandre-boyer.fr/alex/enseignement/Boyer_regles_CEM_PCB_v3.pdf