

Les innovations électroniques d'aujourd'hui

Frédéric Brousseau

Avec les demandes de plus en plus grandes pour les performances des ordinateurs et la miniaturisation de plus en plus difficile de nos jours, des solutions doivent être trouvées. Nous discuterons donc des nouvelles méthodes employées pour ce qui est de la quantité de dispositifs sur une puce. Plus particulièrement, l'intégration 3D, les interposer, les convertisseurs de puissance et les inductances seront traités, tous sont intimement liés.

Intégration 3D



FIGURE 1 – Gratte ciel. Source : google.ca

L'intégration 3D est un procédé arrivé au cours des dernières années. Un bon exemple de cette méthode provient de la vie courante de l'homme, les gratte ciel. Effectivement, il devenait difficile pour l'homme de développer en surface avec la population grandissante. Nous avons donc commencé à construire les maisons en hauteur les unes par-dessus les autres. Le même principe commence à être utilisé en électronique en assemblant des puces les unes par-dessus les autres.

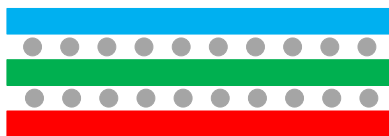


FIGURE 2 – intégration 3D de trois puces.

Trois techniques principales sont utilisées dans ces procédés. Avant tout, une puce est un petit substrat rectangulaire de silicium dont la taille ne dépasse pas 2 cm x 2 cm. Une gaufre est un substrat de forme ronde pouvant aller jusqu'à 45 cm de diamètre. Les deux sont généralement en silicium ou en verre. La première est de puce à puce dont le principe est de superposer les puces les unes par-dessus les autres. La deuxième est de puce à gaufre qui consiste à poser des puces sur une gaufre. La dernière est de gaufre à gaufre, qui est le même principe que la puce à puce, mais avec de grosses gaufres.

Interposers

La section précédente nous amène plus particulièrement à discuter d'une partie précise de l'intégration 3D, les interposers. Ceux-ci ont plusieurs utilités dans un système électronique, que ce soit de la conversion de puissance ou de connexion et plein d'autres applications. Cette composante se situe entre la puce (ou gaufre) et le circuit imprimé. Elle est donc utilisée dans le domaine de l'encapsulation qui consiste à insérer des puces sur des circuits imprimés. L'interposer est la partie verte de la figure 3.

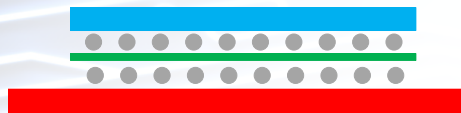


FIGURE 3 – Puce(bleu) | Interposer(vert) | Circuit imprimé(rouge)

Les interposers sont déjà utilisés dans les ordinateurs d’aujourd’hui. Ils sont sur les processeurs, puisque ceux-ci sont très capricieux sur les paramètres appliqués. Les interposers sont généralement faits plus minces que des puces. Certains d’entre eux ont des épaisseurs de l’ordre du micromètre ! Il seront généralement en verre ou en silicium.

Ces pièces sont installées de la même façon que les puces, elles sont soudées. Cette soudure est effectuée à l’aide de petite boule d’étain qui sont placées sur les connexion qt qui seront ensuite chauffer et presser au même moment. Mais une fois soudé qu’elle sont leurs utilités ? Cela nous amène donc à nous intéresser aux applications que peuvent avoir ces dispositifs. Nous allons nous attarder davantage sur les convertisseurs de courant DC-DC.

Convertisseur DC-DC

Le courant continu (DC) est utilisé dans plusieurs pièces électroniques. Cependant, chaque pièce a besoin de sa propre valeur de courant afin de fonctionner et de ne pas briser. C’est exactement la fonctionnalité d’un convertisseur DC-DC. Ceux-ci sont utilisés principalement dans les ordinateurs portables et les téléphones cellulaires. Bref, les appareils alimentés par des batteries. Ils sont aussi utilisés pour construire des améliorateurs de puissance dans les éoliennes et les cellules solaire.

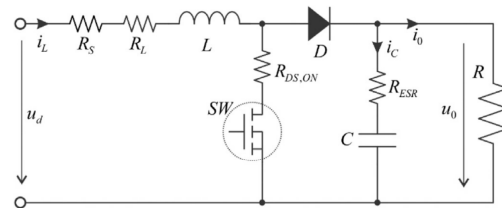


FIGURE 4 – Schéma de convertisseur DC-DC. [1]

La figure 4 montre un schéma de convertisseur fabriqué de nos jours. Je n’irai pas en détail dans leur fonctionnement. Le point à remarquer est la simplicité quant aux pièces présentes dans les circuits. En effet, il n’y a que des pièces de base, comme des résistances, des inductances, des condensateurs et des diodes. Comment fabrique-t-on ces pièces ? C’est l’objectif de la prochaine section. Par contre, nous devons aussi nous questionner sur l’utilité de ces pièces.

Les inductances

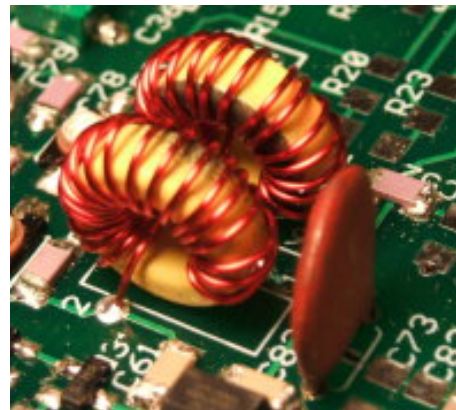


FIGURE 5 – Inductances sur un circuit imprimé
Source : google.ca

Les inducteurs dans les circuits ont toujours été très gros, voir figure 6. Afin de faire des systèmes plus efficaces, il faut donc trouver des méthodes afin de miniaturiser ces dispositifs. C’est l’un des projets travaillés présentement Sherbrooke, à l’ins-

titut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT). Ce projet consiste à faire deux types d'inducteurs, des 3D et des 2D, nous allons nous attarder sur les 2D.

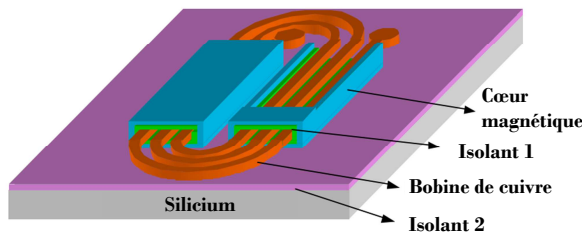


FIGURE 6 – Inductances 2D de forme «Race-track». Source : [2]

Fabrication

La figure 6 montre la forme d'une inductance 2D. Celui-ci est dit 2D, car la bobine n'est pas sous forme de ressort, les enroulements sont sur le même plan. Le procédé de fabrication de ces bobines est relativement simple. Il est constitué de cinq étapes.

La première étape consiste au placage de la première couche de matériau magnétique sur le substrat de silicium sur le quelle un mince couche de cuivre, appelé «seed layer» est présente. Elle servira comme partie inférieure du cœur magnétique. La fabrication de ces inductances doit être fait par couches et non matériau par matériau.

La deuxième étape est l'isolation électrique du cœur magnétique. En effet, il est important de faire cette étape puisque le matériau magnétique est conducteur. Il ne faut pas que les bobines de cuivre touchent au cœur, sinon nous n'aurons pas une inductance, mais un gros bloc de métal.

La troisième étape est le dépôt de la bobine de cuivre sur cet isolant. Il faut d'abord déposer une «seed layer» de cuivre. Elle

est utile puisque les bobines sont déposées par électroplacage. Cette méthode est utilisée, car elle nécessite des épaisseurs supérieures au micromètre.

La quatrième étape est l'isolation des bobines de cuivre. Puisqu'il y aura une couche de matériau magnétique par-dessus la bobine, il faut encore éviter le contact électrique.

L'étape finale est le dépôt de la couche supérieure de matériau magnétique. Cela permet de bien enrober l'inductance de matériau magnétique.

Fonctionnement

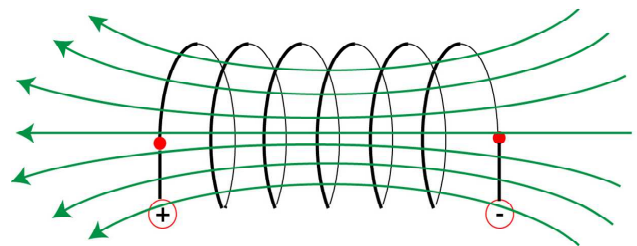


FIGURE 7 – Champ magnétique dans une bobine 3D. Source : google.ca

L'explication du fonctionnement d'une inductance se fait plus simplement avec une bobine 3D. L'induction est un phénomène magnétique créant du courant dans du métal. Comme sur la figure 7, si seul le champ magnétique est présent, un courant sera créé dans la bobine, le phénomène se fait aussi à l'inverse, un courant créera un champ magnétique. Dans un circuit, une inductance aura donc l'utilité de créer un courant qui s'oppose au courant dans les enroulements. L'avantage d'un cœur magnétique est donc remarquer pour la miniaturisation. En ayant celui-ci au centre de la bobine, le champ magnétique s'en voit bonifié. On vient de mettre un aimant au centre de la bobine. Et comme l'inductance

dépend du flux magnétique, champ magnétique par unité de surface, l'inductance peut alors être miniaturisée tout en conservant la même valeur !

Pour finir

Ces procédés sont ceux d'aujourd'hui et du futur. De plus en plus d'amélioration et d'optimisation sont en recherche en ce moment. Nous n'avons que gratté la surface de ce qui se fait de nos jours, nous n'avons même pas touché à l'un des points les plus lourds dans la balance de la révolution, la mécanique quantique. Comme énoncé plus haut, celle-ci nous crée des restrictions quant à la miniaturisation des dispositifs connus. Cependant, que se passe-t-il si on utilise directement la mécanique quantique pour créer des dispositifs ? Cela fait partie de la révolution quantique de l'électronique ! La création, un jour, d'un

ordinateur quantique. En plus, ces dispositifs sont en recherche au département de physique de l'université de Sherbrooke !

Références

- [1] U. Sadek, A. Sarjaš, A. Chowdhury, R. Svečko, "FPGA-based optimal robust minimal-order controller structure of a DC-DC converter with Pareto front solution", *Control Engineering Practice* 55, pp.149-161, 2016.
- [2] N. Wang, T. O'Donnell, S. Roy et al., "Micro-inductors integrated on silicon for power supply on chip", *Journal of Magnetism and Magnetic Material*. Vol. 316, pp.233-237, 2007.
- [3] "Package Substrates/Interposers", *EE-Semi*, <http://eesemi.com/substrates.htm>, 2007.