

Faites vos circuits imprimés avec Eagle

Objectif :

Proposer une méthode efficace et rapide pour concevoir des circuits imprimés de qualité avec le logiciel Eagle (www.cadsoftusa.com) dont une version limitée est disponible sans frais.

Certains de nos conseils découlent de notre équipement. Je dis notre car j'utilise le matériel du lycée technique de Mantes la Jolie (78 – France) où je travaille. Si vous avez des remarques, utilisez donc le site du lycée pour me les faire parvenir.

Voici donc l'équipement que nous utilisons couramment pour réaliser des circuits imprimés :

- une imprimante Laser pour imprimer les typons sur
- soit des transparents pour rétroprojecteur, soit sur un support Mylar ;
- une insoleuse UV double face ;
- une machine pour la gravure au perchlorure de fer classique ;
- une miniperceuse montée sur support.

Les problèmes que j'ai rencontrés :

Attention ! L'un des gros problèmes d'Eagle est qu'il ne s'utilise pas intuitivement comme Windows ! Avec Eagle, il a fallu lutter, ruser. Le copier-coller notamment est acrobatique (voir le 5.5). Dommage, espérons que les prochaines versions corrigeront cela et que l'ergonomie progressera...

Pour bien utiliser Eagle il faut connaître les astuces qui, bien sûr, ne sont pas documentées dans l'aide (en anglais).

En plus de cela il y a aussi les problèmes techniques qui ont des répercussions sur la conception du typon. Voici ceux qui ont été les plus critiques et que je me suis attaché à résoudre :

- les composants qui ne sont dans aucune librairie (soit parce qu'ils sont trop anciens, soit parce qu'ils sont trop récents !).
- les trous gravés au centre des pastilles sont trop gros, il est difficile de percer exactement au milieu.
- les pastilles ne sont pas assez grosses et c'est trop fragile en cas de dessoudage.
- les pistes sont trop fines, le perchlorure de fer les attaque parfois, surtout quand il est vieux et que la gravure prend du temps!
- en double-face il y a des pastilles des 2 côtés partout, dessouder un composant devient difficile, voire douloureux.

Mise en garde :

Vous trouverez des répétitions dans le texte. C'est normal et presque voulu ! Certaines fonctions sont par exemple utilisées pour les schémas et les cartes, puis on ne peut pas s'attendre à tout retenir parfaitement, la répétition étant l'amie de la mémoire...

Le texte a été écrit en plusieurs fois par petits morceaux ce qui explique aussi le manque d'harmonie (et les répétitions).

Présentation générale

1. Méthode

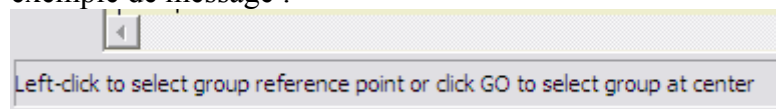
- ☐ Rassembler les composants
- ☐ Vérifier que les composants existent dans les bibliothèques
- ☐ Sinon les créer
- ☐ Créer le schéma
- ☐ Définir la forme de la platine à partir de l'implantation physique dans le boîtier.
- ☐ Définir la position des trous de fixations, des connecteurs, des potentiomètres, des voyants...
- ☐ Choisir une grille (1mm (5mm pour le quadrillage), 0,1mm pour la grille fine)
- ☐ Dessiner le contour de la platine
- ☐ Mettre les trous de fixation
- ☐ Dessiner les axes des connecteurs, potentiomètres, etc
- ☐ **Changer la grille** (passer en mil : 25 mil / 5 mil)
- ☐ Placer les connecteurs, potentiomètres, etc.... sur la platine
- ☐ Prévoir des zones par fonction
- ☐ Positionner les composants les plus complexes au centre des zones
- ☐ Positionner les condensateurs de découplage
- ☐ Implanter les autres composants
- ☐ Router
- ☐ Imprimer sur papier et poser les composants à leur place (vérification).
- ☐ Imprimer les typons, graver, percer, souder.

2. Eagle

C'est la version 4.16 téléchargeable sur le site. Elle permet de réaliser des platines double face jusqu'à 8 cm par 10 cm.

Eagle est un vieux logiciel auquel a du être rajouté un environnement graphique, il fonctionne à partir de lignes de commande. La richesse des commandes n'est pas complètement disponible depuis l'environnement graphique !

Surveillez aussi les messages en bas de l'écran pour savoir ce qu'il y a à faire. Voici un exemple de message :



Soit dit en passant, la commande GO est le feu Vert :



évident, non ?

3. Fichiers associés

3.1. Librairies


































Vous trouverez une bibliothèque contenant les composants pour chaque montage. Il faut les placer dans le sous-répertoire Lbr du répertoire d'installation de Eagle si vous voulez les utiliser.

3.2. Schémas et boards

Il s'agit d'une interface pour sonde Pt100 avec son alimentation (230V / +12V,-12V 100mA). Nous avons donc deux cartes simple face. Elles sont prévues pour aller dans un petit boîtier Teko P1.

Le schéma

1. La palette d'outils

Info			Show
Display			Mark
Move			Copy
Mirror			Rotate
Group			Change
Cut			Paste
Delete			Add
Pinswap			Gateswap
Name			Value
Smash			Miter
Split			Invoke
Wire			Text
Circle			Arc
Rectangle			Polygon
Bus			Net
Junction			Label
ERC			

2. Les principes

Pour dessiner un circuit imprimé, on dessine d'abord un schéma électronique et à partir de celui-ci on réalise le typon. Avec Eagle vous avez accès à la possibilité de créer votre projet qui est en fait un répertoire particulier qui va regrouper tous les fichiers nécessaires.

Bon à savoir : vous pouvez très bien avoir votre schéma et votre typon sur une clé USB, mais pas un projet. Il faut que le schéma et le typon portent le même nom, seule l'extension (.sch ou .brd) diffère.

Vous allez trouver les symboles des composants dans les différentes bibliothèques disponibles et éventuellement il vous faudra en créer...

3. Les réglages

Tout d'abord choisissez la couleur du fond (« colored », pourquoi pas) ainsi que le type de curseur. Je vous conseille le curseur « grande croix » qui traverse tout l'écran. Il permet de bien aligner les traits. Vous avez accès à ces paramètres dans le menu « Options » puis « User interface »

Choisissez aussi une grille, prenez-la en mil, cela vous évitera des acrobaties...

4. Cadre et Cartouche

Il s'agit en fait d'un « composant » que vous trouverez dans la bibliothèque frames.lbr.

J'utilise un format A4 en paysage avec le cartouche en bas à droite (c'est le DINA4-L), mais il y a d'autres possibilités et vous pouvez même faire quelque chose de très personnel avec un logo, etc....

Vous l'insérez donc comme un composant.



5. Insertion et manipulation des composants

5.1. Symboles

Les symboles sont les éléments de base du schéma. Ils sont constitués d'un composant avec ces connexions ainsi que d'un nom (Name) et d'une valeur (Value). On choisit les composants parmi les bibliothèques qui ont été activé. Pour insérer le composant on clique sur



puis on sélectionne le composant. On peut alors l'insérer sur la feuille de schéma par un clic gauche ou le faire tourner de 90° par un clic droit. On peut en insérer plusieurs, d'ailleurs c'est une façon rapide de faire que d'insérer plusieurs fois le même composant si l'on sait que l'on va en utiliser plusieurs.

Pour déplacer plusieurs symboles, on commence par sélectionner la commande Grouper  puis on utilise la commande Déplacer  en faisant attention au message en bas à gauche de la fenêtre. Il faut en général un clic droit pour sélectionner le groupe présélectionné. Attention d'ailleurs, le groupe reste en mémoire jusqu'à ce qu'un autre groupe ne soit défini.

5.2. Bibliothèques

Sélectionnez les bibliothèques qui vous servent. Voici celles qui me sont les plus utiles :

0Perso.lbr

40xx.lbr

capacitor-wima.lbr

con-subd.lbr

frames.lbr

heatsink.lbr

holes.lbr

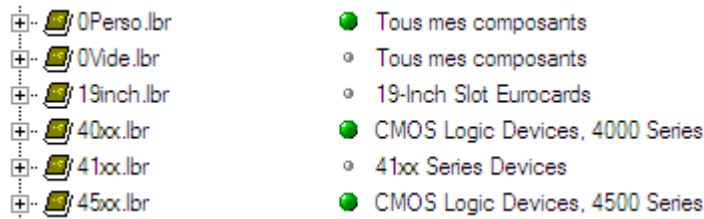
ic-package.lbr

jumper.lbr

led.lbr

microchip.lbr
pinhead.lbr
rcl.lbr
rectifier.lbr
supply1.lbr
supply2.lbr
transistor.lbr
v-reg.lbr
wirepad.lbr

Comment faire ? Dans le panneau de contrôle développer la liste des bibliothèques, celles qui sont sélectionnées ont un bouton vert dans la colonne centrale. Un clic sur ce bouton change l'état de la bibliothèque.



5.3. INVOKE

Cette commande sert à insérer les parties des composants qui ne sont pas affichées lors de l'insertion.

Par exemple, si on insère un quadruple NOR, on ne verra apparaître que le symbole d'un seul NOR. Pour les autres il faudra utiliser cette commande.

On peut faire aussi apparaître les bornes d'alimentation qui sont parfois implicites dans les composants et qui peuvent avoir un nom différent de vos alimentations (dans le composant Vss et Vdd, sur votre schéma GND et +5V par exemple), et dans ce cas le composant ne sera pas alimenté.

Faites un essai avec un CD4001.

5.4. SMASH()

La commande SMASH rend leur mobilité aux textes liés aux symboles. Il s'agit de NAME et de VALUE. On se sert de cette commande pour améliorer la lisibilité du schéma, pour éviter des chevauchements. Une fois le composant « smashé », on déplace les textes indépendamment du symbole. Une petite croix ayant apparue à proximité du texte, c'est elle qu'il faut accrocher pour sélectionner le texte à déplacer. Le click droit permet de faire tourner le texte sélectionné.

Pour les schémas, on met tout le texte horizontal (noms et valeurs). On peut mettre les valeurs des résistances à l'intérieur de celles-ci.

Si vous comptez faire régulièrement des schémas, je vous conseille de vous fixer une charte graphique. Inspirez-vous de celle d'une revue d'électronique, par exemple Elektor.

Vous pouvez utiliser le programme « smash-all-sch.ulp » pour effectuer cette commande sur tous les composants en une seule fois.



5.5. GROUP et CUT/PASTE


Cette commande permet de regrouper des composants et de faire diverses opérations (Mirror, move, rotate). Attention à lire la phrase qui s'affiche en bas à gauche de la fenêtre pour savoir comment faire (clic droit ou gauche...).

Une mention particulière pour la copie d'un groupe : après avoir défini et sélectionné le groupe, on utilise la commande CUT ! Mais rien ne disparaît... Il faut alors définir la point



d'insertion (regardez le message en bas...). Pour avoir maintenant une copie du groupe on utilise PASTE (et non pas COPY). Si on en veut encore on réutilise PASTE.

6. Fils (Nets)


Une fois les composants mis sur la feuille il faut les connecter entre eux par des fils (nets). Pour cela on utilise la commande NET . On clique sur la première connexion puis on tire le fil qui apparaît alors en vert en ligne droite, on clique pour faire un tournant à angle droit, jusqu'au point d'arrivée. Si on arrive au milieu d'un fil existant, le programme demande si on veut bien raccorder ces deux nets, puis il crée une interconnexion .

Pour les fils, on peut aussi utiliser la commande , mais il n'y aura pas l'interconnexion automatique.

7. VCC, GND,



Pour les symboles VCC et GND, la méthode utilisée par Electkor est intéressante. Elle consiste à symboliser VCC par  et GND par  dans les symboles eux-mêmes.


8. Labels

La commande Label () permet d'afficher le nom du fil (net) à côté de celui-ci. On peut profiter de ce moment-là pour le renommer car les noms donnés par Eagle sont du type N\$x ce qui n'est pas très significatif. Il me semble que le \$ évite l'affichage...

En donnant le même nom à deux fils, ils se retrouvent électriquement connectés (on parle d'équipotentielle), ce qui permet de clarifier le schéma.


9. Bus

Dessiner un bus et rassembler plusieurs fils (net) permet d'obtenir un schéma plus clair. On trace d'abord le bus () puis on renomme le Bus (avec la commande NAME ou ) avec un nom du style BUS1 : A,B,C,D,E,F,G,DP où A,B,... sont les nets individuels qui constituent le bus.

On raccorde après les pattes des composants au bus (avec la commande NET ) et le choix du net est proposé automatiquement.

10. Les vérifications

10.1. ERC

Grâce à la commande ERC , on peut vérifier que rien n'a été oublié. Toutes les interconnexions oubliées entre nets sont spécifiées avec leurs coordonnées cartésiennes. Les erreurs empêchent d'aller plus loin alors que les avertissements (« warning ») ne sont pas gênants.

La plupart des erreurs sont des connections défectueuses entre un fil et un composant. Attention à la grille choisie, les fils s'arrêtent sur un point de la grille. Si la connection du composant est en dehors de la grille, on n'a pas de connection. Pour résoudre ce problème deux possibilités : utiliser la grille fine ou commencer le fil à partir du composant.

10.2. SHOW

En cas de mauvais raccordement utilisez la commande SHOW pour mettre chaque net en surbrillance. Les connections des raccordements doivent passer en rouge clair.

11. Les couches

On s'en sert peu avec le schéma. Vous pouvez rendre visible les points de connexions des composants (c'est la couche Pins).

La platine

1. La palette d'outils

Info			Show
Display			Mark
Move			Copy
Mirror			Rotate
Group			Change
Cut			Paste
Delete			Add
Pinswap			Replace
Name			Value
Smash			Miter
Split			Optimize
Route			Ripup
Wire			Text
Circle			Arc
Rectangle			Polygon
Via			Signal
Hole			
Ratsnets			Auto
ERC			DRC
Errors			

2. Grille

La première chose à faire est de définir l'unité.

J'utilise les millimètres pour tout ce qui est des dimensions des composants et de l'implantation de la platine (trous de fixation, etc...). Il faut le faire au tout début avant l'implantation des composants. Une fois cela fait, oubliez les mm et travaillez seulement en mil.

J'utilise (et je suis pas le seul puisque tous les pattes des DIL ont un écartement de 100mils) les mils pour les écartements des pastilles des composants, l'implantation des composants ainsi que le routage.

Une fois l'unité choisie, on définit la grille de base ainsi que l'affichage de la grille. Par exemple si on travaille en mm, on va définir un pas de 1mm et l'afficher seulement tout les 5mm.

Une grille plus fine est aussi à définir. Quand on travaille on peut positionner les éléments sur cette deuxième grille en tenant la touche Alt appuyée.

En résumé, voici ce que j'utilise :

Unité	mm	mil
Grille de base	1	25
Affichage	5	4
2 ^{ème} grille	0,1	5

Rappel : 100 mil est l'écartement entre les pattes des circuits DIL.

3. Les tailles et perçages standards

Pastilles : 70 mil

Pistes : 40-70 mil

Trous des composants : 0,8 mm

Isolation des plans de masse : 40-50 mil

4. Ratsnets

Eagle dessine les pistes non routés avec un trait jaune fin en minimisant les distances. Toutes ces connections qui s'enchevêtrent forment le « chevelu ».

Lorsqu'on route il faut utiliser régulièrement la commande Rastnet pour démêler le chevelu et y voir plus clair.

5. Pinswap/Gateswap

Quand il y a plusieurs éléments similaires dans un composant, on peut échanger ces éléments grâce à la commande Gateswap. Si les entrées sont équivalentes on peut aussi échanger les entrées. Le but est bien sûr de simplifier le routage de la carte.

Il faut faire attention à défaire le routage des pistes concernées.

6. Routage automatique

Le routage automatique se paramètre de façon assez complète et complexe avec la commande DRC.

On lance le routage avec la commande Auto.


Vous pouvez utiliser les fichiers « Straps_h.ctl et Straps_v.ctl » pour contrôler la façon dont le routage se fait. Essayez avec les fichiers fournis, ils vont produire des straps en face supérieure qui sont droits.

Il est possible de router certaines parties en manuel ou en automatique (Auto puis cliquer le bouton select) puis de faire appel au routage automatique pour finir.


Lors du routage si on veut des largeurs de piste spéciales on peut les déclarer avec la commande CLASS (menu « Edit » puis « Net Classes... »), puis on change la classe du fil concerné...

7. Routage manuel

Router manuellement demande de l'expérience mais cela peut être une expérience esthétique très gratifiante.

On utilise la commande Route  pour router manuellement. Il y a alors une barre d'outil horizontale qui permet de sélectionner les dimensions de la piste, des vias.

Lorsqu'on change de niveau sur un même fil Eagle insère automatiquement un via. En faisant cette manipulation deux fois on peut créer un strap.

Pour défaire le routage, il y a plusieurs possibilités, toutes avec la commande Ripup . On peut tout défaire en cliquant sur le feu vert de la barre d'outils horizontale. On peut aussi cliquer sur la portion de fil que l'on veut défaire. Si on double clique c'est le Net complet qui est défait.

Enfin on peut sélectionner un groupe avant d'utiliser la commande Ripup.

Personnellement je place d'abord tous les composants, puis je lance le routage automatique en simple face, puis je regarde le tracé des pistes et je déplace les composants pour éviter les détours, les passages entre les pins. Je dérouté tout et je recommence. Enfin en général je dérouté et route manuellement environ 10 à 20 % de la carte.

8. Taille des pistes

Lorsque vous routez manuellement il est possible de choisir la largeur de la piste dans un menu déroulant qui vous propose les valeurs « standards » ci-dessous. Vous pouvez bien entendu définir aussi exactement la largeur de la piste en saisissant la valeur.

Largeur en mil	Largeur en mm	
10	0,25	Éviter les pistes d'une largeur inférieure à 0,35 mm (14 mil). Compter 0,7mm / A
12	0,30	
16	0,41	0,58 A
24	0,61	0,87 A
32	0,81	1,16 A
40	1,02	1,45 A
50	1,27	1,81 A
56	1,42	2,03 A
66	1,68	2,39 A
70	1,78	2,54 A
76	1,93	2,76 A
86	2,18	3,12 A
100	2,54	3,63 A
150	3,81	5,44 A
254	6,45	9,22 A

Tenez compte des problèmes de gravure lors du choix des largeurs de pistes. Une piste trop fine un tout petit peu trop attaquée et vous avez un magnifique circuit ouvert pas toujours visible à l'œil nu !

Je vous recommande une largeur de piste entre 40 et 76 mil (1 à 2 mm) mais vous pouvez utiliser des pistes plus fines si votre gravure est rapide.

9. Simple et double face

Le choix n'est pas facile. Regardons les avantages et les inconvénients de chaque option.

Le simple face est plus facile à graver et à souder. Il faut le router manuellement (sauf cas simples) et prévoir des straps. Cela représente un travail qui peut vite prendre du temps.

Le double face est beaucoup plus facilement routable automatiquement, par contre si les trous ne sont pas métallisés la soudure tourne vite au cauchemar.

Il y a la solution intermédiaire qui consiste à faire un double face où la face supérieure consiste en des straps.

Pour le typon de la face supérieure on ne garde que les pistes et les vias. On évite alors de se retrouver avec tous les composants soudés des deux côtés. Ils seront plus faciles à dessouder...

Comment faire ?

|| Ne sélectionner que les couches Top, via et dimension quand on imprime le typon du dessus.

Néanmoins il peut être intéressant dans certains cas de garder des pastilles de chaque côté pour des raisons de solidité mécanique (connecteurs, potentiomètres...).

|| Lorsque vous tracez vos pistes, un changement de couche (Top → Bottom et vice-versa) provoque l'insertion automatique d'un via.



10. Points de test

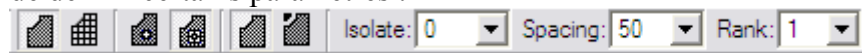
Il est assez difficile de faire des mesures sur un petit circuit même avec des grip-fils. Rajoutez donc des points de test. Pour simplifier le routage, je vous conseille de les mettre sur le schéma quand le routage est fini. Mettez en surbrillance le net sur lequel vous voulez mettre un point de test et cherchez l'endroit le plus propice, faites attention aux composants environnants !

Vous trouverez les pointes de test dans wirepad.lib.

11. Plan de masse

Les plans de masse sont intéressants pour plusieurs raisons : on évite des perturbations électromagnétiques, le perchlore dure plus longtemps (donc moins de pollution), on dispose d'une surface de cuivre importante qui va servir de radiateur gratuit (voir le §13 ci-dessous). Par contre on va utiliser plus de toner avec l'imprimante laser !

Pour faire un plan de masse on dessine un polygone (■), puis on change le nom () du polygone par celui du net que l'on veut mettre comme plan de masse. En général ce sera GND, à déterminer avec la commande INFO () lorsque l'on clique sur le fil en question. Quand on commence à dessiner le polygone, une nouvelle barre d'outils apparaît qui permet de définir certains paramètres :




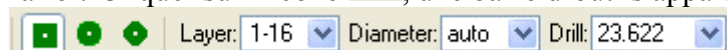
Les deux premières icônes permettent de faire un plan de masse plein ou en treillis, l'écartement des traits du treillis est donné par la valeur « Spacing ».

Les deux icônes suivantes permettent de choisir la façon dont les pastilles sont reliées au plan de masse. Si vous voulez refroidir efficacement il faut prendre la connexion pleine. Par contre si vous voulez avoir des soudures propres prenez l'autre.

La valeur « Isolate » permet de définir un écartement entre le plan de masse et les pastilles étrangères à ce plan de masse supérieur à la valeur « Distance » qui est fixée par les « Design rules ». Je vous conseille 40 ou 50 mils, cela dépend de la qualité de votre gravure.

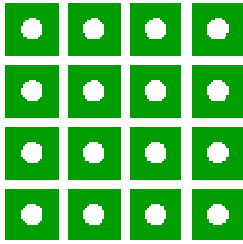
12. Pastilles supplémentaires

N'oubliez pas de rajouter des pastilles supplémentaires en positionnant des vias. Comment faire ? Cliquer sur l'icône  , une barre d'outils apparaît :



A la place du diamètre auto (qui est proportionnel au perçage (Drill)), il vaut mieux choisir une dimension fixe (40mils par exemple).

Vous pouvez carrément faire une zone d'expérimentation si vous avez besoin de faire des modifications. L'espacement entre l'axe des pastilles est de 100mils dans les deux sens. Prenez des pastilles carrées de 40 mils.



13. Refroidissement des composants

On peut utiliser le cuivre de la platine pour refroidir un composant genre TO-220 en le fixant à plat sur la carte. Un transistor en boîtier TO-92 peut évacuer beaucoup de chaleur par son fil de collecteur (en cuivre) ; un pouce carré supplémentaire – d'un côté ou des deux côtés de la platine – l'aidera à dissiper cette chaleur et à garder la tête froide. Je vous recommande la feuille de spécification du LM384 de chez National Semiconductor® qui fournit les données suivantes : 6 sq in \leftrightarrow 35°C/W, 4 sq in \leftrightarrow 38°C/W, 2 sq in \leftrightarrow 45°C/W, 0,4 sq in \leftrightarrow 73°C/W. Il faut quand même préciser que ce CI a 6 pattes dédiées à l'évacuation de la chaleur...

En outre voici ce que l'on trouve sur la note d'application de ON Semiconductor® de la diode Schottky 1N5820. La résistance thermique $R_{\theta JA}$ (donc entre la Jonction et l'Air) passe de 50°C/W à 28°C/W avec un carré de 2,5 pouces (65mm) de côté, il s'agit là d'utiliser le plan de masse de la carte entière comme radiateur.

TYPICAL VALUES FOR $R_{\theta JA}$ IN STILL AIR

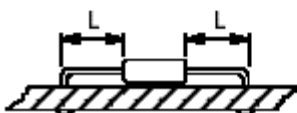
Mounting Method	Lead Length, L (in)				$R_{\theta JA}$
	1/8	1/4	1/2	3/4	
1	50	51	53	55	°C/W
2	58	59	61	63	°C/W
3	28				°C/W

Mounting Method 3

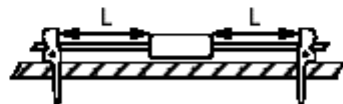
P.C. Board with
2-1/2, x 2-1/2,
copper surface.

Mounting Method 1

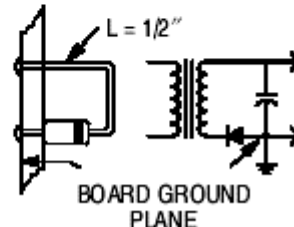
P.C. Board where available
copper surface is small.



Mounting Method 2



VECTOR PUSH-IN
TERMINALS T-28



Si vous installez un radiateur au-dessus de la platine, pensez à favoriser la convection. L'air chaud monte, il faut prévoir des trous sous le radiateur et peut-être dans le boîtier pour faire cheminée...

Une résistance ou une diode qui s'échauffe gagnera à être soudée à une certaine distance de la platine. Elle pourra se refroidir plus facilement que si elle est collée contre l'époxy et elle risquera moins d'abîmer le circuit imprimé.

On peut aussi souder des résistances à forte dissipation non directement sur le PCB, mais sur des cosses type Faston. Ces dernières serviront alors de radiateurs, évitant de ce fait des dégâts à la carte (voir la "Mounting method 2" ci dessus).

14. Composants CMS

Les composants CMS sont intimement liés à leurs pastilles qui sont sur le dessus ou le dessous de la carte. Il n'y a pas à se tracasser du sens du composant. Eagle gère le renversement du composant.

15. Sérigraphie

N'hésitez pas à mettre un titre, des instructions ou des notations qui vous aideront lors du montage de la platine. Vous disposez des couches tdocu, bdocu, document et reference. Vous imprimerez alors cette sérigraphie à l'échelle 2 pour vous aider. Il est aussi possible d'imprimer une sérigraphie sur du papier photo glacé puis de faire un transfert thermique avec un fer à repasser.

16. Impression du typon

Dans votre paramétrage de l'imprimante, choisissez le support « Transparent » que vous imprimiez sur un mylar spécial ou sur un transparent pour imprimante laser. L'avantage du mylar est sa stabilité dimensionnelle qui peut être nécessaire pour des platines double faces étendues. Celui du transparent est le coût et la disponibilité. Il faut aussi sélectionner une impression en noir à l'échelle 1.

Attention suivant le type de transparent il faut parfois augmenter le temps d'insolation.

Encore un petit bug d'Eagle, si on peut paramétrer l'impression depuis le menu « Print » puis imprimer, on ne peut pas imprimer depuis le menu « Print settings ».

Il est possible d'imprimer en inversé (mirror), l'idée est de toujours avoir la couche d'encre contre le cuivre lors de l'insolation pour améliorer la netteté des bords. C'est à dire que vous allez imprimer les pistes du dessous (bottom) de façon normale et le côté composant, le dessus (Top) en inversé.

N'oubliez pas de mettre du texte sur votre circuit imprimé, cela vous évitera de vous tromper de côté lors de l'insolation.

Faites un repère sur votre transparent de façon à toujours le passer dans le même sens dans votre imprimante, vous pourrez ainsi l'utiliser plusieurs fois en changeant la position de l'impression sur la feuille (menu Page dans la fenêtre Print).

17. Perçage

Quelle galère ! Vive les CMS (on change de galère) ! Personnellement j'ai du mal à apprécier cette partie de la fabrication.

Un des problèmes que j'ai rencontré est le fait que si la gravure est faite exactement au diamètre du trou, il faut centrer le perçage exactement ce qui est loin d'être évident.

La solution est simple : utiliser le petit programme drill-aid.ulp (faire Run ...) qui va boucher tous les perçages en ne laissant qu'un tout petit point qui permet de centrer le forêt. Attention toutefois, si vous modifiez le typon, le centre va rester. Il faut les effacer séparément et pour cela sélectionner uniquement la couche 116 – « centerDrill » puis faire Group et Delete.

Vous pouvez aussi utiliser le programme change-pad-in-lbr.ulp.

Jean Alary suggère aussi un montage pour éclairer la platine par-dessous et voir ce que l'on fait. Je n'ai pas encore essayé mais je prévois de le faire avec un spot à led blanche.

Les bibliothèques

1. Principe

Un composant (Device) est constitué par un Symbole qui va être utilisé pour le schéma et un boîtier (Package) incluant une empreinte qui sera positionné sur la platine.

Ces composants sont rassemblés en bibliothèques (Libraries). Pour pouvoir utiliser un composant d'une bibliothèque dans un schéma, il faut que cette bibliothèque soit en « use ».

Ce qui est signalé par un bouton vert dans l'arborescence de base d'Eagle.

Si on veut travailler sur des composants, il faut ouvrir la bibliothèque (clic droit sur le nom de la bibliothèque puis « Open »).

En sélectionnant un autre composant ou empreinte dans une autre bibliothèque, on peut alors le copier dans la bibliothèque ouverte (clic droit...).

Eagle est assez vicieux dans la manipulation de ces éléments qui n'est pas toujours évidente.

2. Modifier un composant (Device)

On peut modifier la partie symbole associée au composant presque sans problème. Il suffit d'éditer le SYMBOL. Attention, si le symbole est utilisé, on ne peut pas enlever ou rajouter des connexions.

Pour modifier la description du composant, utilisez le menu « Edit » puis « Description... » On modifie le package.

Si vous voulez changer le nom d'un composant ou d'une empreinte, vous travaillez dans l'éditeur de la bibliothèque et vous tapez la commande : RENAME « ancien nom » « nouveau nom ».

3. Symbole

Pour avoir une certaine homogénéité dans la présentation, voici les valeurs des paramètres couramment utilisés pour les Symbols :

- Origin in the center
- Width: 16 Mil
- Pin Length for IC's: Middle
- Text Size for >Name and >Value: 70 Mil, Ratio: 8
- Inputs on the left
- Outputs on the right
- Pin distance: 100 Mil
- Pins only on the left and right, if possible
- "Set" at the upper part of the symbol, "Reset" at lower part, Clock in the center
- Data lines at the upper part, control lines at lower part
- Counting starts from top (e.g. D0 above D1 etc.)
- Output pins start 100 Mil from upper edge of symbol
- Outputs opposite to related inputs (e.g. In0 opposite to Out0)
- Symbol height of ICs as small as possible
- Symbol width of ICs as small as possible

Les possibilités pour les connexions des symboles sont nombreuses. Elles sont accessibles par la barre d'outils qui apparaît quand on clique sur la commande PIN:



Attention, si le symbole est utilisé, on ne peut pas rajouter ou enlever des connexions.

4. Package

Les « Packages » correspondent aux boîtiers des composants. La plupart sont standards, sauf bien sûr ce relais ou ce transformateur que vous voulez utiliser ! Pour créer un nouveau Package, le plus simple est de partir d'un composant existant et de le modifier.

Dans un premier temps munissez-vous des cotes du composant. Vous pouvez souvent télécharger sur le web la datasheet du fabricant (une recherche avancée avec Google en spécifiant la référence du composant et un fichier type pdf vous permettra de trouver dans 90% des cas). Sinon il faut prendre un pied à coulisse.

Procurez-vous donc un **pied à coulisse digital**, il y a toujours la fonction offset et le choix entre les millimètres et les pouces (1 pouce = 1000 mil).

Pour mesurer un entraxe entre deux broches, on mesure d'abord le diamètre d'une broche, on le soustrait à la mesure de la distance prise entre les côtés extérieurs des 2 broches. Avec un

|| pied à coulisse digital, il suffit d'utiliser l'offset après la mesure du diamètre de la broche puis de mesurer la distance extérieure des 2 broches et le tour est joué !

Pour avoir une certaine homogénéité dans la présentation, voici les valeurs des paramètres couramment utilisés pour les Packages :

- Origine au centre
- Taille du texte pour >NAME et >VALUE: 70 Mil, Ratio: 10
- Wire Width for outlines: 5 Mil
- Pad Shape: Octagon
- Pad Diameter: 63 Mil (Je préfère 70mil car il y a plus de cuivre autour, mais le passage de pistes entre les pastilles est un peu plus acrobatique).
- Pad Drill: 32 Mil
- Rectangle on SMD pads in tDocu (for documentation print)

5. Device

Pour avoir une certaine homogénéité dans la présentation, voici les valeurs des paramètres couramment utilisés pour les Devices :

- Value On
- Power pins for VCC and GND in separate symbol
- Power pins for VDD, VSS etc. not in separate symbol

6. Copier d'une librairie dans une autre

Le but est de travailler le moins possible ! On peut copier les composants et les empreintes d'une bibliothèque sans problème. Il suffit d'ouvrir d'abord la bibliothèque où l'on veut mettre la copie puis de revenir au Control Panel et de sélectionner l'élément à copier dans l'arborescence, un clic droit puis « copy to library ».

7. Créer sa bibliothèque

7.1. Méthode

Comme il y a des composants qui ne sont que dans votre stock, vous avez tout intérêt à créer vos bibliothèques personnelles.

Si vous travaillez sur plusieurs ordinateurs, il peut être intéressant d'avoir une bibliothèque par projet, que vous recopiez dans le répertoire /program files/Eagle-xxxx/Lbr.

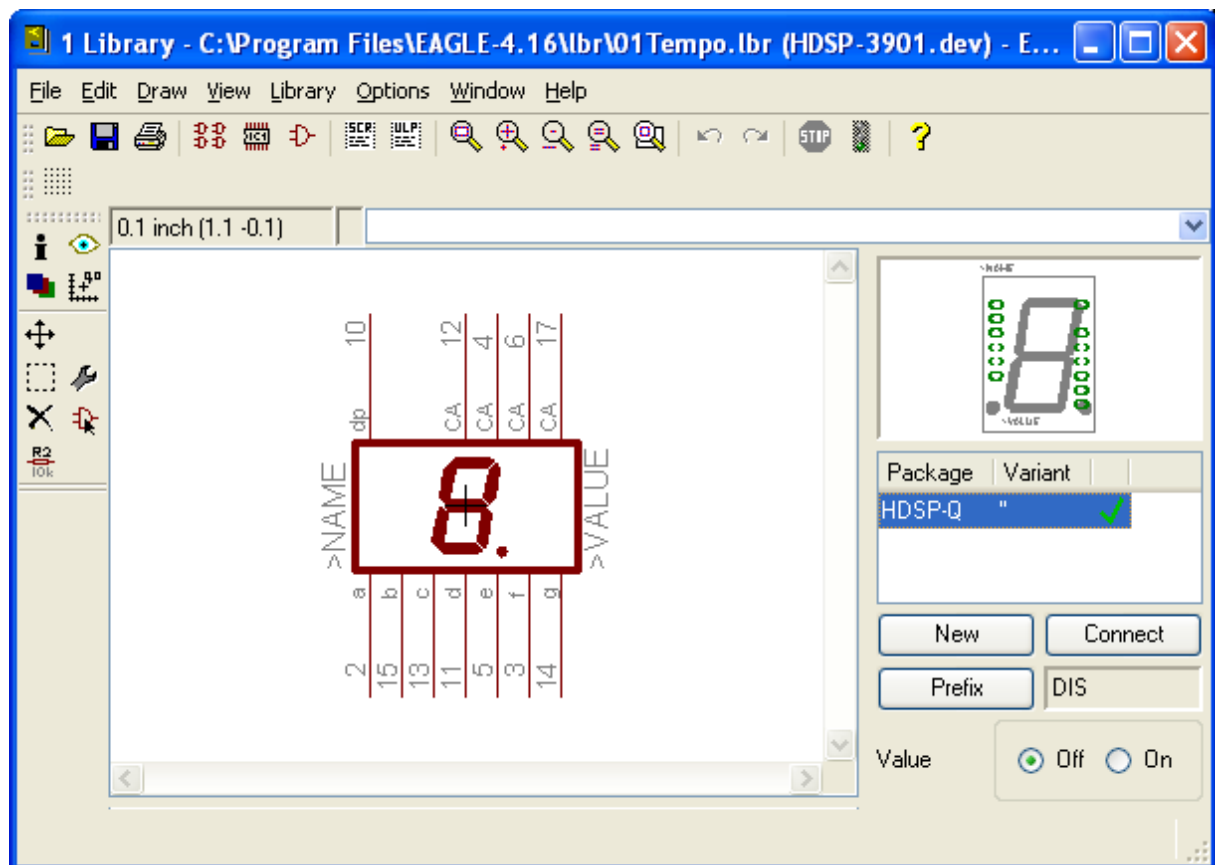
Pour créer une bibliothèque, commencez par copier une bibliothèque (utilisez un nom du style 01xxx.lbr : elles se trouveront en début de liste) puis effacez tous les composants grâce à l'ULP « del-pack-sym.ulp ». Ouvrez cette bibliothèque et changez en la description (menu « Library » puis « Description... »).

Refaites la manip encore une fois et renommez cette bibliothèque 01Vide.lbr (ou 01Temp.lbr), elle vous servira d'espace de travail.

Puis vous allez copier le (ou les) composant qui se rapproche le plus de celui que vous voulez créer dans la bibliothèque 01Vide, faites de même avec les packages. Il se peut que vous utilisiez un composant pour le symbole et un autre pour le package.

Exercice :

J'ai un afficheur 7 segments HDSP3901. Le composant qui s'en rapproche le plus est dans les afficheurs HP (display-hp.lbr). Je le copie dans ma bibliothèque temporaire. Il ne reste plus qu'à modifier le package pour qu'il corresponde à celui que j'ai, puis à changer son nom. Pour pouvoir changer le nom du symbole et sa forme, il faut qu'aucun device ne l'utilise. On ouvre donc le device qui l'utilise puis on supprime le package de la liste en faisant un clic droit.



Après avoir modifié le symbole, il faut reconnecter le package pour obtenir le Device... Enfin quand vous avez fini, n'oubliez pas de nettoyer votre bibliothèque temporaire et de recopier le composant dans la bonne bibliothèque (OPEN la bibliothèque cible, etc...)

7.2. Utilisation du copier/coller

On peut aussi définir seulement une nouvelle variante d'un composant en rajoutant un Package à la liste.

Pour définir le nouvel package, on ouvre tout d'abord un package ressemblant, on sélectionne tous les éléments en les groupant puis on fait « Cut » (attention lors de l'opération Cut il faut sélectionner le point d'insertion sur l'ancien point d'insertion et non pas au milieu !), on crée alors le nouveau package et on fait « Paste ». Puis on modifie le Package. Il ne restera plus qu'à l'associer avec le composant (Device)

Les commandes

1. Le BOM

Qu'est-ce que le BOM ? C'est un acronyme pour « Bill Of Material ». C'est la liste des composants du schéma. On la génère dans un fichier texte à l'aide d'un petit programme ULP qui s'appelle « bom.ulp ». Le fichier se trouve dans le même répertoire que le schéma et le typon.

2. ULP

ULP signifie « User Language Programs ». Il s'agit de programmes qui automatisent toutes sortes de tâches. Vous trouverez ainsi une commande qui bouchera tous les trous de votre typon, une autre qui permet de supprimer les symboles, empreintes, composants d'une bibliothèque...

Ces programmes doivent être appelés depuis un éditeur (bibliothèque, schéma ou carte) ou quand un éditeur est ouvert. Certains ULP doivent être appelés depuis un éditeur spécifique. En ouvrant l'ULP depuis l'arborescence, vous aurez accès au programme proprement dit avec sa description. Allez faire un petit tour, vous verrez tout ce qui est envisageable...

Voici une liste des ULPs qui m'ont été utiles :

bom.ulp	Etablit la liste des composants
change-pad-in-lbr.ulp	Change certaines caractéristiques de toutes les pastilles des composants d'une bibliothèque
cmd-rename-in-lbr.ulp	Permet de renommer facilement dans la bibliothèque active
del-devices.ulp	Supprime des composants dans une bibliothèque
del-empty-devices.ulp	Supprime des composants vides dans une bibliothèque
drill-aid.ulp	Bouche les trous
exp-project-lbr.ulp	Crée une bibliothèque avec tous les composants d'un schéma
part2html.ulp	Fait une liste de composants en HTML
smash-all-sch.ulp	« Smash » tous les composants d'un schéma

3. Scripts

Ce sont aussi des petits programmes que vous pouvez utiliser pour paramétrer Eagle à votre sauce. La différence avec les ULP réside dans le langage. Le script est une suite d'instructions pour Eagle alors que les ULP ressemblent à du C.

Annexes

1. Correspondance mm \leftrightarrow mil

Le « mil » est le millième du pouce (inch en anglais) est vaut donc 25,8/1000 mm. Retenez que 40 mils font 1 mm.

mil	mm		mm	mil
1000	25,8		0,5	19,4
1	0,0258		1	38,8
10	0,258		1,5	58,1
20	0,516		2	77,5
30	0,774		3	116,3
40	1,032		4	155,0
50	1,29		5	193,8
60	1,548		6	232,6
70	1,806		7	271,3
80	2,064		8	310,1
90	2,322		9	348,8
100	2,58		10	387,6
200	5,16		15	581,4
300	7,74		20	775,2

2. Bibliographie

2.1. Jean Alary

Circuits imprimés en pratique. ETSF – Dunod. 1999.

2.2. Robert Pease

Un coup ça marche, un coup ça marche pas ! Publitronic / Elektor. 1998.

2.3. Eagle

EAGLE Manual Version 4.1 (en anglais, téléchargeable sur leur site). 2004

EAGLE Tutorial Version 4.1, Schematic - Layout – Autorouter.... (en anglais, téléchargeable sur leur site). 2004

3. Points à améliorer sur Eagle 4.16

Le copier-coller des groupes !

Dans les bibliothèques, les symboles sont difficilement éditables et modifiables, ce serait bien de les avoir dans une liste développée.

Pouvoir sauver un projet ailleurs que sur le répertoire d'installation de Eagle.

A défaut d'une version française, une meilleure distribution du produit.

4. Lexique

Anglais

pad
trace
mil
via
PCB
package
footprint
lead
still air
to mount
ground
ground plane
to drill
to swap
miter
to smash
DIL Dual In Line

Français

pastille
piste
millième (de pouce)
via
typon
boîtier
empreinte

air calme
monter, installer
masse
plan de masse
percer
échanger
chanfrein, arrondi
écrabouiller
double rangée

Explication

connexion traversante

littéral^t « trace de pied »

ce sont les boîtiers des CI
classiques