

# 1 PCB

## 1.1 Général

Circuit haute vitesse :  $t_r < 2\tau$  avec  $t_r$  le temps de montée / descente et  $\tau$  le temps de propagation ( $L > \lambda/2$ )

$$\tau = \frac{L}{\nu_{ph}}$$

Avec  $\nu_{ph}$  la vitesse de propagation (typiquement 0.5...0.6c)

$$\nu_{ph} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

**Extérieur** : Câbles, connecteurs, composants plus grands que  $\lambda/10$

**Sources de bruit** : PWM, bruit GND, oscillateurs, RF, spurious signals

**Mesures de protection** : ferrites, filtres, opto-coupleurs, chokes, fibres optiques, R / L en série, shields, condensateurs, ferrites au dela de 100 MHz

## 1.2 Guides d'ondes

$$a = \frac{\lambda_c}{2} \quad \lambda_c = \frac{c}{f_c}$$

$f_c$  la fréquence de transmission. Atténuation faible au delà et faible avant. Stitching  $< \lambda/2$  pour éviter l'entrée / sortie d'ondes dans le pcb.

Transformation d'un guide d'onde en câble coax lorsqu'on place un conducteur interne

## 1.3 Shielding

Matériau du blindage, résonances, nombres de points de contact avec le plan GND

## 1.4 Connecteurs

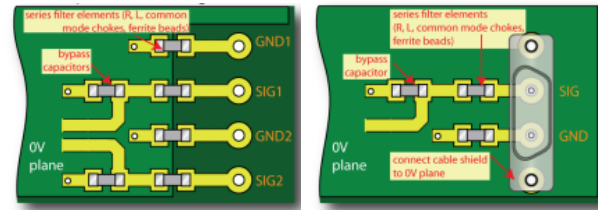
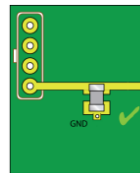


Figure 1: Câble non-blindé vs câble blindé

## 1.5 Filtrage



## 1.6 Courant

Chemin de retour du courant en dessous du signal (distribution gaussienne centrée sur la piste du signal). Si plusieurs chemins ou trop d'écartement  $\rightarrow$  tension/courant en mode commun et/ou bruit GND. Possibilité de réduire le bruit en plaçant un plan (GND ou VCC) qui va servir de retour (plan image). Les signaux différentiels produisent moins de perturbations et sont moins perturbés

### Causes de courant en mode commun

1. Retour par un plan de masse de section faible
2. Capacités différentes sur paires différentielles
3. Sources externes
4. Impédances différentes sur l'aller et le retour

## 1.7 Pistes

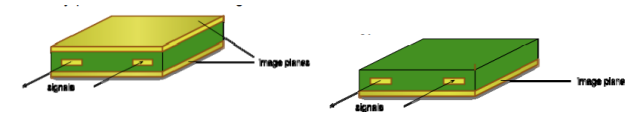


Figure 2: Stripline vs Microstrip

### Méthodologie

1. Définition des couches
2. Placer les connecteurs et les vis
3. Placer les composants critiques
4. Zones du PCB (numérique, analogique)
5. Layout

## 1.8 Couches

1. S-G-V-S (économie de vias, bonne protection)
2. S-G-S-B (pas symétrique, très bonne protection)
3. G-S-S-V (beaucoup de vias, trous dans les plans)

### 1.8.1 Empilements à utiliser

1. S-G-V-S
2. S-G-S-S-V-S
3. S-G-V-S-S-V-G-S

## 1.9 Plan de masse

**Masse chaude** : fait le tour du circuit (vis, connecteurs)

**Masse froide** : GND interne du circuit Les deux masses sont reliées par un pont qui empêche le passage des perturbations.

Il faut éviter les interruptions du plan de masse (surtout si elles sont longues).

Lorsqu'il y a plusieurs plans de masse (AGND, DGND), on utilise une connexion en étoile

### 1.9.1 Séparation du plan de masse

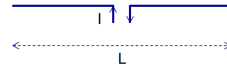
- + isolation de zones
- + Contrôle des chemin de retour
- + Réduction des capacités parasites
- Les coupures peuvent générer des antennes
- Pas forcément utile

## 1.10 Antennes

Champ électrique  $E$  généré par une boucle d'aire  $A$  traversée par un courant  $I$  à une distance  $R$

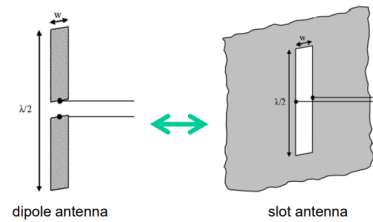
$$E \sim \frac{k^2 I A}{4\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \left( \frac{1}{R} \right) \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{c}$$

### 1.10.1 Antenne dipôle



$$E \sim \frac{ILf}{4\epsilon_0 R}$$

### 1.10.2 Antenne "slot"



$$f = \frac{c}{\lambda}$$

## 1.11 Horloge

Rapport signal sur bruit dû au jitter :

$$\text{SNR} = 20 \log_{10} \left( \frac{1}{2\pi f t_{\text{jitter}}} \right)$$