

document autorisé : une feuille manuscrite A4 recto-verso

EXAMEN

Problème

Un stock disponible de processeurs à 1,4 GHz à faible coût de revient incite un concepteur de circuits imprimés à se pencher sur les problèmes de propagation et de rayonnement des signaux à hautes fréquences. Au sein des cartes électroniques, supports de ces circuits numériques à haute densité, la structure de propagation de base présente un plan de section droite schématisé par la figure 1. Il vous demande de lui expliquer quelques notions d'électromagnétisme de base concernant ces structures de propagation.

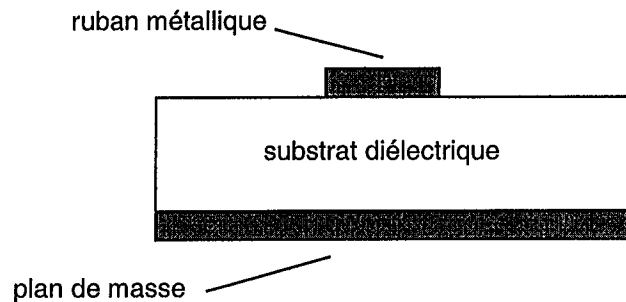


FIGURE 1 – plan de section droite d'une ligne microruban.

1. Que signifie la notion de mode de propagation au sein de ces structures de propagation ?
2. Quels types de modes se peuvent se propager ?
3. Quelle est la signification physique de la notion de mode **quasi-TEM**, de mode **TEM** ?
4. Le modèle le plus fréquemment utilisé s'appelle **le modèle du guide équivalent**. On considère que la ligne microruban est équivalente à une structure de propagation bornée par deux plans de court circuit électrique et deux plans de court circuit magnétique. Un matériau homogène de permittivité ϵ_{eff} remplit l'espace délimité par ces plans, figure 2. Donner pour les plans $x = 0$, $x = w_{eff}$, $y = 0$ et $y = h$ les conditions aux limites sur les champs électriques et magnétiques.
5. Compte tenu des plages de fréquences envisagées, pour la suite du problème, on considère que seul le mode fondamental peut se propager. Quelles sont les raisons de cette recherche effrénée d'une bande monomode ?

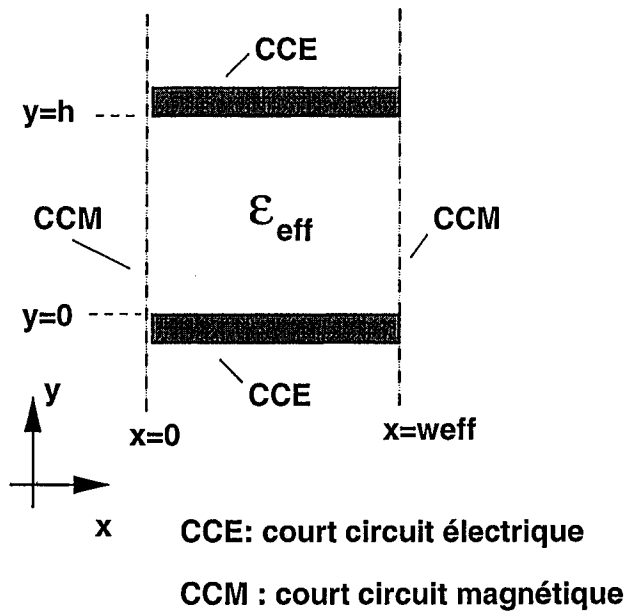


FIGURE 2 – plan de section droite du modèle du guide équivalent.

6. Ce mode fondamental est un mode **quasi-TEM** de permittivité relative effective égale à 2,5 et l'impédance caractéristique Z_c présente une valeur de 75Ω . Calculer la longueur d'onde guidée λ_g à $1,4GHz$.
7. Que signifie les notions de circuit localisé et de circuit réparti? Préciser à partir de quel rapport longueur de circuit L sur λ_g devra-t-on utiliser la théorie des lignes?

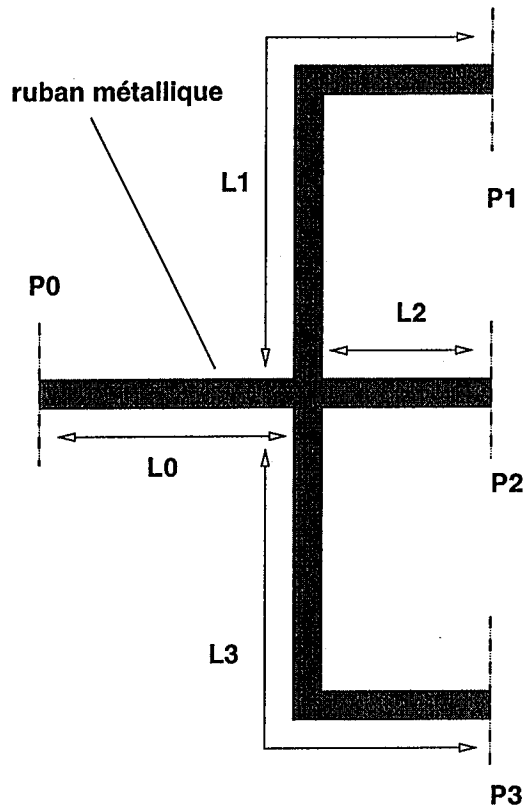


FIGURE 3 – circuit vu de dessus.

8. Le concepteur s'interroge sur le comportement électrique d'un circuit, représenté vu de dessus figure 3 à une fréquence de $1,4\text{GHz}$. Ce circuit est constitué de trois tronçons de lignes en parallèle $L1$, $L2$, $L3$ et d'une longueur de ligne $L0$. Ces éléments de lignes de transmission présentent la même valeur d'impédance caractéristique Z_c de 75Ω et une même permittivité relative effective égale à $2,5$. On connecte dans les différents plans $P1$, $P2$, $P3$ soit une faible impédance de 10Ω , soit une valeur élevée assimilable à un circuit ouvert.
- déterminer l'impédance dans le plan $P0$ lorsque les différents plans $P1, P2, P3$ sont chargés par une faible impédance de 10Ω , avec $L1 = L3 = 5\text{cm}$, $L2 = 2\text{cm}$, $L0 = 3\text{cm}$.
 - déterminer l'impédance dans le plan $P0$ lorsque les différents plans $P1, P2, P3$ sont chargés par un circuit ouvert avec $L1 = L3 = 5\text{cm}$, $L2 = 2\text{cm}$, $L0 = 3\text{cm}$.