

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①① N° de publication : **2 941 108**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **09 00161**

⑤① Int Cl⁸ : **H 04 B 1/40** (2013.01)

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF DE TRANSMISSION UTILISANT UNE PLURALITE DE CONDUCTEURS DE
RETOUR ELEMENTAIRES.

②② Date de dépôt : 15.01.09.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 16.07.10 Bulletin 10/28.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 01.11.13 Bulletin 13/44.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *EXCEM Société par actions
simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : BROYDE FREDERIC et CLAVELIER
EVELYNE.

⑦③ Titulaire(s) : EXCEM Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : EXCEM Société par actions
simplifiée.

FR 2 941 108 - B1



Dispositif de transmission utilisant une pluralité de conducteurs de retour élémentaires.

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles dans
5 les interconnexions servant à transmettre une pluralité de signaux électriques, telles que les
interconnexions réalisées avec des câbles multiconducteurs, ou avec les pistes d'un circuit
imprimé, ou encore à l'intérieur d'un circuit intégré.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Considérons le problème de la transmission dans une interconnexion, pour obtenir m
10 voies de transmission, m étant un entier supérieur ou égal à 2. Chaque voie de transmission
peut être utilisée pour transmettre des signaux de type quelconque, par exemple des signaux
analogiques ou des signaux numériques, entre une source et un destinataire. Nous considérons
ici qu'un signal numérique est un signal dont la valeur n'est définie qu'à des instants discrets,
l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal étant discret. Nous considérons aussi que
15 chaque valeur d'un signal numérique correspond à un intervalle de tension ou de courant. Cette
définition d'un signal numérique comme un "signal numérique défini par des intervalles de
tension ou de courant" inclut :

- les signaux binaires utilisés en signalisation binaire, c'est-à-dire tout signal tel que, dans
chaque voie de transmission, l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal a 2 éléments ;
- 20 - les signaux N -aires (N étant un entier supérieur ou égal à 3) utilisés en signalisation
multiniveau (en anglais : multilevel signaling), c'est-à-dire tout signal tel que, dans chaque
voie de transmission, l'ensemble des valeurs que peut prendre ce signal a N éléments.

Les signaux binaires sont ceux qui sont aujourd'hui le plus fréquemment utilisés par
les circuits intégrés numériques. Les signaux multiniveau, par exemple les signaux
25 quaternaires (parfois appelés PAM-4 ou 4-PAM), sont utilisés pour obtenir des débits de
décision élevés. Nous considérerons que tout signal ne satisfaisant pas à cette définition d'un
signal numérique est un signal analogique. Par conséquent, le résultat de tout type de
modulation d'une porteuse par un signal numérique sera considéré comme un signal
analogique.

30 Nous considérerons trois dégradations de la transmission : l'écho, la diaphonie interne
et la diaphonie externe. La diaphonie interne est la diaphonie à l'intérieur de l'interconnexion,
entre les différentes voies de transmission. La diaphonie externe est la diaphonie impliquant
des couplages entre l'interconnexion et le monde extérieur.

Il existe des procédés de transmission destinés à procurer une bonne protection contre

la diaphonie externe : les liaisons différentielles (voir par exemple le livre de H. W. Johnson et M. Graham intitulé *High-speed digital design: a handbook of black magic*, publié par Prentice Hall PTR en 1993), et les liaisons pseudo-différentielles (voir par exemple la section II de l'article de A. Carusone, K. Farzan and D.A. Johns intitulé "Differential signaling with a reduced number of signal paths" publié dans *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. 48, No. 3, pp. 294-300 en mars 2001 et la section 4.2.3 du livre de F. Yuan intitulé *CMOS current-mode circuits for data communications*, publié par Springer en 2007).

Un dispositif de transmission différentiel procurant m voies de transmission utilise une interconnexion ayant $n = 2 m$ conducteurs de transmission. Un dispositif de transmission pseudo-différentielle procurant m voies de transmission utilise une interconnexion ayant $n = m$ conducteurs de transmission et un conducteur commun distinct du conducteur de référence (masse). Le conducteur commun est appelé "conducteur de retour" dans le cas du procédé de transmission pseudo-différentiel décrit dans la demande de brevet français numéro 07/05260 du 20 juillet 2007 intitulée "Procédé et dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2008/052102 du 29 mai 2008, intitulée "Method and device for pseudo-differential transmission".

Il doit être noté que l'expression "pseudo-différentiel" est aussi appliquée à des dispositifs qui ne concernent en aucune façon les transmissions pseudo-différentielles. Par exemple, la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique numéro US 2006/0267633 intitulée "Pseudo-differential output driver with high immunity to noise and jitter" concerne un dispositif ayant une voie d'entrée différentielle et une voie de sortie unifilaire : ce dispositif n'est en aucune façon relatif à une transmission pseudo-différentielle. Par exemple, le brevet des Etats-Unis d'Amérique numéro 5,638,322 intitulé "Apparatus and method for improving common mode noise rejection in pseudo-differential sense amplifiers" concerne des amplificateurs de détection qui dans une certaine mesure ressemblent à des amplificateurs différentiels conventionnels : cette invention n'est en aucune façon relative à une transmission pseudo-différentielle.

Un dispositif de transmission pseudo-différentielle procurant $m = 4$ voies de transmission est montré sur la figure 1, ce dispositif comportant une interconnexion (1) ayant $n = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) plus un conducteur commun (10) distinct du conducteur de référence (7).

Sur la figure 1, le circuit d'émission (5) reçoit à son entrée les signaux des m voies de la source (2), et ses n bornes de sortie sont connectées aux n conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1). A proximité du circuit d'émission (5), le conducteur commun (10) est mis à la masse. Le circuit de réception (6) a ses $n + 1$ bornes d'entrée connectées aux conducteurs (10) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), l'un de ces conducteurs étant le conducteur commun (10). Le circuit de réception (6) produit des tensions

à ses bornes de sortie connectées au destinataire (3), chacune de ces tensions étant déterminée par une et une seule des tensions entre l'un des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et le conducteur commun (10). Le dispositif montré sur la figure 1 procure m voies de transmission, telles que les signaux des m voies de la source (2) sont envoyés aux m voies du destinataire (3).

Sur la figure 1, il n'y a pas de circuit de terminaison, comme c'est le cas dans le brevet des Etats Unis d'Amérique numéro 5,818,261 intitulé "Pseudo-differential bus driver/receiver for field programmable devices", dans le brevet des Etats Unis d'Amérique numéro 5,994,925 intitulé "Pseudo-differential logic receiver" et dans le brevet des Etats Unis d'Amérique numéro 7,099,395 intitulé "Reducing coupled noise in pseudo-differential signaling". En conséquence, dans le cas de la figure 1, il y a des réflexions importantes des signaux, et les spécialistes savent que ceci implique des limitations sur la longueur L de l'interconnexion (L doit être suffisamment petite) et sur la bande passante disponible.

Sur la figure 1, comme aucune terminaison n'est présente, il n'y a pas de contrainte sur la manière de router l'interconnexion (1) par rapport à la masse (7). Par conséquent, sur la figure 1, le conducteur de référence (7) est représenté avec une forme géométrique irrégulière, telle que la distance entre les conducteurs de l'interconnexion (1) et le conducteur de référence (7) varie en fonction de l'abscisse curviligne z le long de l'interconnexion. Ceci implique qu'il n'est *a priori* pas possible de modéliser la propagation dans l'interconnexion en utilisant une ligne de transmission multiconductrice uniforme (une ligne de transmission multiconductrice uniforme étant une ligne de transmission multiconductrice ayant des caractéristiques électriques uniformes sur sa longueur) ayant $n + 2 = 6$ conducteurs.

Les figures 2 et 3 montrent chacune une section de l'interconnexion (1) et du conducteur de référence (7) dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, pour des interconnexions réalisées dans ou sur un circuit imprimé. La figure 2 correspond à une structure microstrip comportant les conducteurs de l'interconnexion (10) (11) (12) (13) (14) et un conducteur de référence (7) réalisé avec un plan de masse. La figure 3 correspond à une structure stripline comportant les conducteurs de l'interconnexion (10) (11) (12) (13) (14) et un conducteur de référence (7) réalisé avec un plan de masse supérieur (71) et un plan de masse inférieur (72), ces deux plans de masse étant suffisamment connectés l'un à l'autre, avec des vias (non représentés sur la figure 3). Le plan de masse inférieur (72) pourrait par exemple être remplacé par un plan d'alimentation. Dans ce cas, les connexions entre les deux plans (71) (72) se feraient à travers des condensateurs. Les structures interconnexion-masse représentées sur les figures 2 et 3 peuvent être utilisées dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 1. Ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante expliquent quelques-unes des limitations du dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 1 et des

structures interconnexion-masse représentées sur les figures 2 et 3.

Le procédé divulgué dans ladite demande de brevet numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante surmonte ces limitations et est très efficace pour supprimer la diaphonie externe et l'écho. Cependant, ce procédé ne réduit pas la diaphonie interne. Par exemple, l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "A new pseudo-differential transmission scheme for on-chip and on-board interconnections" publié dans les actes du "14^{ème} colloque international sur la compatibilité électromagnétique - CEM 08", qui s'est tenu à Paris, France, en mai 2008, montre que ce procédé ne procure pas de réduction de la diaphonie interne. Par exemple, l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "Pseudo-differential links using a wide return conductor and a floating termination circuit" publié dans les actes du "2008 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)", qui s'est tenu à Knoxville, Tennessee, dans les États-Unis d'Amérique, en août 2008, montre aussi que de la diaphonie interne est présente dans une liaison pseudo-différentielle utilisant le procédé de ladite demande de brevet numéro 07/05260 et de la demande internationale correspondante.

La demande de brevet français numéro 08/04429 du 4 août 2008, intitulée "Procédé de transmission pseudo-différentiel utilisant des variables électriques modales" et la demande de brevet français numéro 08/04430 du 4 août 2008, intitulée "Procédé de transmission pseudo-différentiel utilisant des variables électriques naturelles" décrivent des dispositifs de transmission pseudo-différentielle qui peuvent être utilisés pour obtenir un écho réduit, une diaphonie interne réduite et une diaphonie externe réduite.

La figure 4 représente un des dispositifs de transmission pseudo-différentielle divulgués dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 ou la demande internationale correspondante, ou dans les dites demandes de brevet français numéro 08/04429 ou 08/04430. Le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 4 comporte une interconnexion (1) ayant $n = 4$ conducteurs de transmission et un conducteur de retour (10) distinct du conducteur de référence (7), c'est-à-dire le conducteur de masse. Dans la figure 4, chaque extrémité de l'interconnexion (1) est connectée à un circuit de terminaison (4) qui n'est pas connecté au conducteur de référence (7). Trois circuits d'amortissement (8) sont connectés entre le conducteur de retour (10) et le conducteur de référence (7). Les circuits d'émission (5) reçoivent à leurs entrées les signaux des $m = 4$ voies des deux sources (2), et sont connectés aux conducteurs de l'interconnexion (1). Les circuits de réception (6) sont connectés aux conducteurs de l'interconnexion (1). Le dispositif de transmission pseudo-différentielle procure m voies de transmission, tels que les signaux des m voies d'une source (2) connectée à un circuit d'émission (5) dans l'état activé sont transmis aux m voies des destinataires (3), sans écho, diaphonie interne ou diaphonie externe notables.

Seulement deux structures interconnexion-masse sont connues pour être compatibles avec le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 4. Ces structures

interconnexion-masse sont représentées sur les figures 5 et 6, dans le cas $n = 4$. La figure 5 montre une section, à une abscisse curviligne z donnée, dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, d'une structure interconnexion-masse réalisée dans un circuit imprimé. Dans cette structure, le conducteur de retour (10) est une surface de cuivre et les conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) sont des pistes qui sont clairement plus proches du conducteur de retour (10) que du conducteur de référence (7). La figure 6 montre une section, à une abscisse curviligne z donnée, dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, d'une autre structure interconnexion-masse réalisée dans un circuit imprimé. Dans cette structure, le conducteur de retour (10) est constitué de deux surfaces de cuivre interconnectées (101) (102), et les conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) sont des pistes qui sont clairement plus proches du conducteur de retour (10) que du conducteur de référence (7).

Malheureusement, les structures interconnexion-masse représentées sur les figures 5 et 6 nécessitent au moins trois couches conductrices si elles sont réalisées dans un circuit imprimé, ou trois niveaux de métallisation si elles sont réalisées dans un circuit intégré monolithique. Par conséquent, par exemple à cause de considérations de coût, il n'est souvent pas possible d'utiliser les structures interconnexion-masse représentées sur les figures 5 et 6. Dans de tels cas, il n'est possible de mettre en oeuvre aucun des dispositifs de transmission pseudo-différentielle divulgués dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 ou la demande internationale correspondante, ou les dites demandes de brevet français numéro 08/04429 ou 08/04430.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour but la transmission dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, la transmission étant bien protégée contre la diaphonie externe, la diaphonie interne et l'écho, la structure interconnexion-masse utilisée étant avantageuse en comparaison des structures interconnexion-masse montrées sur les figures 2, 3, 5 et 6.

L'invention concerne un dispositif pour la transmission procurant, dans une bande de fréquences connue, m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre entre l'entrée d'au moins un circuit d'émission et la sortie d'au moins un circuit de réception, m étant un entier supérieur ou égal à 2, le dispositif pour la transmission comportant :
une interconnexion comportant n conducteurs de transmission numérotés de 1 à n ,
l'interconnexion comportant r conducteurs de retour élémentaires numérotés de 1 à r ,
 n étant un entier supérieur ou égal à m et r étant un entier supérieur ou égal à 3,
l'interconnexion étant structurellement combinée avec au moins un conducteur de référence élémentaire sur toute la longueur de l'interconnexion, l'interconnexion étant

telle que, en un point donné le long de l'interconnexion (ou, de façon équivalente : à une abscisse curviligne z_0 donnée le long de l'interconnexion), dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion et inférieures à la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$;

au moins un dit circuit d'émission recevant m "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, la sortie du dit au moins un dit circuit d'émission étant couplée aux n conducteurs de transmission ;

au moins un dit circuit de réception délivrant, quand ledit au moins un dit circuit de réception est dans l'état activé, m "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, ledit au moins un dit circuit de réception comportant n bornes signal, une borne commune et une borne de référence (borne de masse), chacune des dites bornes signal étant couplée à un et un seul des dits conducteurs de transmission, ladite borne commune étant couplée à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ladite borne de référence étant connectée à chacun des dits conducteurs de référence élémentaires, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant principalement déterminé par au moins une des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.

Dans la suite, les expressions "est dans l'état désactivé" et "n'est pas dans l'état activé" sont équivalentes. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé pour au moins un des dits circuits de réception, dans lequel le comportement de ce circuit de réception est différent de celui défini ci-dessus. Cependant, l'existence d'un état désactivé pour au moins un des dits circuits de réception n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Selon l'invention, les dits "signaux d'entrée du circuit d'émission" peuvent être des signaux analogiques ou des signaux numériques. Selon l'invention, les dits "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent être des signaux analogiques ou des signaux numériques.

Selon l'invention, ladite interconnexion est structurellement combinée avec au moins un conducteur de référence élémentaire, sur toute la longueur de l'interconnexion. Par conséquent, si ladite interconnexion est réalisée avec un circuit imprimé, les conducteurs de référence élémentaires peuvent être des conducteurs du circuit imprimé, ces conducteurs ne faisant pas partie de ladite interconnexion. Par conséquent, si ladite interconnexion est réalisée

avec un câble, les conducteurs de référence élémentaires peuvent être des conducteurs du câble, mais les conducteurs de référence élémentaires ne font néanmoins pas partie de ladite interconnexion.

Selon l'invention, r peut être un entier supérieur ou égal à $n - 1$, car dans ce cas un effet d'écrantage peut réduire le couplage entre tous les conducteurs de transmission. En particulier, r peut être égal à $n + 1$.

Ladite interconnexion peut en particulier être réalisée sans câble, par exemple une interconnexion réalisée dans ou sur un circuit imprimé rigide ou flexible (en utilisant des pistes et/ou des surfaces de cuivre), ou une interconnexion réalisée dans ou sur le substrat d'un module multi-puces (en anglais : multi-chip module ou MCM) ou d'un circuit hybride, ou une interconnexion réalisée à l'intérieur d'un circuit intégré monolithique.

Dans la définition donnée ci-dessus de l'invention, la distance entre un conducteur A et un conducteur B est considérée dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux (dans l'interconnexion), si bien que cette distance est la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur A et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur B. Par conséquent :

- notons $D_{TR1j}(z)$ la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j , considérée dans la section, à l'abscisse curviligne z , de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans le plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, c'est-à-dire la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de transmission numéro j et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de retour élémentaire numéro j ;
- notons $D_{TR2j}(z)$ la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$, considérée dans la section, à l'abscisse curviligne z , de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans le plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, c'est-à-dire la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de transmission numéro j et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$;
- notons $D_{TTj}(z)$ la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion, considérée dans la section, à l'abscisse curviligne z , de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans le plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, c'est-à-dire la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de transmission numéro j et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec tous les

conducteurs de transmission de l'interconnexion autres que le conducteur de transmission numéro j ; et

- notons $D_{RR_j}(z)$ la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$, considérée dans la section, à l'abscisse curviligne z , de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans le plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, c'est-à-dire la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de retour élémentaire numéro j et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$.

10 Selon l'invention, pour tout entier j supérieur ou égal à 1, inférieur ou égal à $r - 1$ et inférieur ou égal à n , les quatre inégalités suivantes sont satisfaites :

$$D_{TR1_j}(z_0) < D_{TT_j}(z_0) \quad (1)$$

$$D_{TR2_j}(z_0) < D_{TT_j}(z_0) \quad (2)$$

$$D_{TR1_j}(z_0) < D_{RR_j}(z_0) \quad (3)$$

15
$$D_{TR2_j}(z_0) < D_{RR_j}(z_0) \quad (4)$$

Dans un dispositif selon l'invention, l'interconnexion peut être telle que, au dit point donné le long de l'interconnexion (ou, de façon équivalente : à ladite abscisse curviligne z_0 donnée le long de l'interconnexion), dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des dits conducteurs de référence élémentaires. Dans ce cas, si nous notons $D_{TG_j}(z)$ la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des conducteurs de référence élémentaires, considérée dans la section, à l'abscisse curviligne z , de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans le plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, c'est-à-dire la plus courte distance entre un point quelconque de l'intersection de ce plan avec le conducteur de transmission numéro j et un point quelconque de l'intersection de ce plan avec tous les conducteurs de référence élémentaires, nous pouvons dire que, pour tout entier j supérieur ou égal à 1, inférieur ou égal à $r - 1$ et inférieur ou égal à n , nous avons :

$$D_{TR1_j}(z_0) < D_{TG_j}(z_0) \quad (5)$$

$$D_{TR2j}(z_0) < D_{TGj}(z_0) \quad (6)$$

Il est possible de montrer que les inégalités (1) à (6) sont telles que le champ électrique et le champ magnétique associés aux signaux peuvent, dans une certaine mesure, rester confinés entre les conducteurs de transmission et les conducteurs de retour élémentaires.

5 Dans un dispositif pour la transmission selon l'invention, l'interconnexion peut être telle que, sur au moins 9/10 de la longueur de l'interconnexion, dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la moitié de la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion, inférieures à la moitié de la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$, et inférieures à la moitié de la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des dits conducteurs de référence élémentaires. En d'autres termes, si l'interconnexion s'étend depuis l'abscisse curviligne $z = 0$ jusqu'à l'abscisse curviligne $z = L$, la phrase précédente signifie qu'il existe une union, notée U , d'un nombre fini d'intervalles fermés disjoints, chacun des dits intervalles fermés étant inclus dans $[0, L]$, la somme des longueurs des dits intervalles fermés étant supérieure ou égale à 9/10 fois L , U étant telle que, pour tout $z \in U$ et pour tout entier j supérieur ou égal à 1, inférieur ou égal à $r - 1$ et inférieur ou égal à n , nous avons

$$D_{TR1j}(z) < \frac{1}{2} D_{TTj}(z) \quad (7)$$

$$D_{TR2j}(z) < \frac{1}{2} D_{TTj}(z) \quad (8)$$

$$25 \quad D_{TR1j}(z) < \frac{1}{2} D_{RRj}(z) \quad (9)$$

$$D_{TR2j}(z) < \frac{1}{2} D_{RRj}(z) \quad (10)$$

$$D_{TR1j}(z) < \frac{1}{2} D_{TGj}(z) \quad (11)$$

$$D_{TR2j}(z) < \frac{1}{2} D_{TGj}(z) \quad (12)$$

Il est possible de montrer que les inégalités (7) à (12) sont telles que, sur au moins 90%

de la longueur de l'interconnexion, le champ électrique et le champ magnétique associés aux signaux peuvent, dans une certaine mesure, rester bien confinés entre les conducteurs de transmission et les conducteurs de retour élémentaires. Dans ce cas, à cause de l'effet de proximité, une partie significative du courant de retour causé par la propagation des signaux dans les conducteurs de transmission peut circuler dans les conducteurs de retour élémentaires. Cette caractéristique peut être utilisée pour obtenir une réduction de la diaphonie externe, parce qu'une partie significative de ce courant ne circule ni dans les conducteurs de référence élémentaires ni dans d'autres conducteurs de masse. Les structures interconnexion-masse utilisées dans les premier et troisième modes de réalisation ne nécessitent que deux couches conductrices si elles sont réalisées dans un circuit imprimé, ou deux niveaux de métallisation si elles sont réalisées dans un circuit intégré monolithique. La structure interconnexion-masse utilisée dans le deuxième mode de réalisation ne nécessite qu'une couche conductrice si elle est réalisée dans un circuit imprimé, ou un niveau de métallisation si elle est réalisée dans un circuit intégré monolithique. Par conséquent, l'invention surmonte les limitations des dispositifs de transmission pseudo-différentielle de l'état de l'art antérieur.

Un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de terminaison ayant n noeuds signal, chacun des dits noeuds signal étant couplé à un et un seul des dits conducteurs de transmission, chacun des dits conducteurs de transmission étant couplé à un et un seul des dits noeuds signal, ledit circuit de terminaison ayant un noeud commun connecté à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ledit circuit de terminaison étant, lorsque ledit circuit de terminaison est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour les dits noeuds signal et ledit noeud commun, à un réseau à $n + 1$ bornes tel que, en au moins un point de repos, pour des petits signaux dans une partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport au dit noeud commun, du dit réseau à $n + 1$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre n recherchée. Les inégalités (7) à (12) sont telles qu'un tel circuit de terminaison flottant peut être dimensionné pour obtenir des réflexions réduites, si bien que l'écho est réduit. Un circuit de terminaison de ce type est préféré car il ne produit pas de courants de retour circulant principalement dans les conducteurs de référence élémentaires, dans un autre conducteur de masse ou dans un conducteur d'alimentation.

Cependant, un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de terminaison ayant n noeuds signal, chacun des dits noeuds signal étant couplé à un et un seul des dits conducteurs de transmission, chacun des dits conducteurs de transmission étant couplé à un et un seul des dits noeuds signal, ledit circuit de terminaison ayant un noeud commun connecté à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ledit circuit de terminaison ayant un noeud de masse connecté à chacun des dits conducteurs de référence élémentaires, ledit circuit de terminaison étant, lorsque ledit circuit de terminaison est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour les dits noeuds signal, ledit noeud commun et ledit noeud

de masse, à un réseau à $n + 2$ bornes tel que, en au moins un point de repos, pour des petits signaux dans une partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport au dit noeud de masse, du dit réseau à $n + 2$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre $n + 1$ recherchée. Un tel circuit de terminaison non flottant peut souvent aussi être dimensionné pour obtenir des réflexions réduites, si bien que l'écho est réduit.

Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé pour au moins un des dits circuits de terminaison, dans lequel le comportement de ce circuit de terminaison est différent du comportement défini ci-dessus. Cependant, l'existence d'un état désactivé pour au moins un des dits circuits de terminaison n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Un dispositif selon l'invention peut être tel qu'au moins un dit circuit de terminaison est constitué d'un réseau de résistances. Un circuit de terminaison constitué d'un réseau de résistances n'est cependant nullement une caractéristique de l'invention. Selon un premier exemple, les concepteurs, en vue de réduire la puissance dissipée par un des dits circuits de terminaison, peuvent choisir de ne permettre à ce circuit de terminaison d'être efficace que dans un intervalle de fréquences pertinent, par exemple en incluant des réactances appropriées dans ce circuit de terminaison. Selon un deuxième exemple, un des dits circuits de terminaison pourrait incorporer des composants actifs, par exemple des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFET) opérant dans le régime ohmique. L'impédance du canal de tels composants peut être réglable par des moyens électriques. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut être tel qu'une matrice impédance d'au moins un dit circuit de terminaison dans l'état activé peut être réglée par des moyens électriques.

Dans le cas où un des dits circuits de terminaison a un état activé et un état désactivé, l'impédance du canal d'un ou plusieurs MOSFET peut par exemple être contrôlée par un ou plusieurs signaux de contrôle prenant des valeurs différentes dans l'état activé et dans l'état désactivé. Par conséquent, au moins un des dits circuits de terminaison peut être tel que ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, une matrice impédance du dit circuit de terminaison prenant dans l'état activé une valeur différente de la valeur de cette matrice impédance lorsque ledit circuit de terminaison dans l'état désactivé.

Dans le cas où un des dits circuits de terminaison a un état activé et un état désactivé, des composants tels que des transistors peuvent par exemple être utilisés comme des commutateurs ayant un état fermé et un état ouvert. Dans ce cas, les dits transistors peuvent par exemple être dans l'état fermé quand ce circuit de terminaison est dans l'état activé, et être dans l'état ouvert quand ce circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Par conséquent, il est possible qu'au moins un dit circuit de terminaison ait un état activé et un état désactivé, chaque courant circulant depuis ledit au moins un dit circuit de terminaison vers un des dits conducteurs de transmission étant pratiquement nul lorsque ledit au moins un dit circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Les concepteurs, en vue de réduire la puissance dissipée

par un tel circuit de terminaison, peuvent choisir de mettre ce circuit de terminaison dans l'état désactivé quand un circuit d'émission proche du circuit de terminaison est dans l'état activé.

Un dispositif selon l'invention peut aussi comporter au moins un circuit d'amortissement, ledit au moins un circuit d'amortissement ayant un noeud commun connecté à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ledit au moins un circuit d'amortissement ayant un noeud de masse connecté à chacun des dits conducteurs de référence élémentaires, le dit au moins un circuit d'amortissement étant, pour ledit noeud commun et ledit noeud de masse, approximativement équivalent à un réseau constitué d'un dipôle passif connecté en série avec une source de tension délivrant une tension constante, ledit réseau ayant une première borne couplée au dit noeud commun, ledit réseau ayant une seconde borne couplée au dit noeud de masse. Le spécialiste comprend que les dits circuits d'amortissement sont destinés à procurer un amortissement des résonances du circuit constitué des conducteurs de retour élémentaires et des conducteurs de référence élémentaires, qui peut être excité par le bruit produit par des couplages électromagnétiques non voulus. Les dits circuits d'amortissement peuvent donc réduire encore les effets des couplages électromagnétiques non voulus.

Selon l'invention, au moins un des dits circuits d'émission et/ou au moins un des dits circuits de réception peuvent avoir une fonction de filtrage, par exemple en vue de l'obtention d'une pré-accentuation, d'une désaccentuation ou d'une égalisation améliorant la transmission. Il devient alors nécessaire de synthétiser les filtres correspondants, soit sous la forme de filtres analogiques, soit sous la forme de filtres numériques, par une des nombreuses méthodes connues des spécialistes.

Lorsque les pertes ne sont pas négligeables dans l'interconnexion, des distorsions de phase et d'amplitude peuvent se produire, dont on dit qu'elles sont les distorsions dues à la propagation. La réduction de ces distorsions peut être obtenue, dans un dispositif selon l'invention, en utilisant une égalisation réduisant les effets des distorsions dues à la propagation, ladite égalisation étant mise en oeuvre dans au moins un des dits circuits d'émission et/ou dans au moins un des dits circuits de réception. Ce type de traitement, qui est aussi parfois appelé compensation, est bien connu des spécialistes et peut être mis en oeuvre en utilisant un traitement analogique du signal ou un traitement numérique du signal.

Les spécialistes savent qu'il est classique d'utiliser des algorithmes adaptatifs pour mettre en oeuvre ce type de traitement dans les récepteurs pour transmission de données. Un dispositif selon l'invention peut utiliser une égalisation adaptative. Ce type de traitement est bien connu des spécialistes et est souvent mis en oeuvre en utilisant un traitement numérique du signal.

BRÈVE PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FIGURES

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- 5 - la figure 1 représente un premier dispositif de transmission pseudo-différentielle de l'état de l'art antérieur, comportant une interconnexion à quatre conducteurs de transmission, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 montre une section droite d'une interconnexion et du conducteur de
10 référence, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 1, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 3 montre une section droite d'une interconnexion et du conducteur de
15 référence, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 1, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 4 représente un deuxième dispositif de transmission pseudo-différentielle de l'état de l'art antérieur, comportant une interconnexion à quatre conducteurs de transmission, et a déjà été commentée dans la partie
20 consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 5 montre une section droite d'une interconnexion et du conducteur de
référence, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 4, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 25 - la figure 6 montre une section droite d'une interconnexion et du conducteur de
référence, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 4, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 7 représente un premier mode de réalisation de l'invention ;
- 30 - la figure 8 montre une section droite d'une interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 7 ;
- la figure 9 montre les paramètres géométriques du dessin de la figure 8 ;
- la figure 10 représente un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- 35 - la figure 11 montre une section droite d'une interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires, pouvant être utilisés dans le dispositif de

- transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 10 ;
- la figure 12 montre les paramètres géométriques du dessin de la figure 11 ;
 - la figure 13 représente un troisième mode de réalisation de l'invention ;
 - la figure 14 montre une section droite d'une interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires, pouvant être utilisés dans le dispositif de transmission pseudo-différentielle représenté sur la figure 13 ;
 - la figure 15 montre les paramètres géométriques du dessin de la figure 14.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

10 Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif pour la transmission selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 7 un dispositif selon l'invention comportant une interconnexion (1) réalisée dans un circuit imprimé, l'interconnexion (1) ayant $n = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et $r = n + 1$ conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105). Dans ce premier mode de réalisation, le conducteur de référence (7) comporte un seul conducteur de référence élémentaire. Toutes les entités montrées sur la figure 7 appartiennent à la même carte électronique et le conducteur de référence (7) est un plan de masse du circuit imprimé de ladite carte électronique.

20 Un circuit d'émission (5) reçoit en entrée les $m = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" des m voies de la source (2), et ses n bornes de sortie sont connectées aux n conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité proche de l'interconnexion (1). Un circuit de terminaison (4) est connecté aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité éloignée de l'interconnexion (1). Un circuit de réception (6) a ses $n + 1$ bornes d'entrée connectées aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité éloignée de l'interconnexion (1). Plus précisément, le circuit de réception (6) a n bornes signal, une borne commune et une borne de référence (borne de masse), chacune des dites bornes signal étant couplée à un et un seul des dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), ladite borne commune étant couplée à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105), ladite borne de référence (qui n'est pas montrée sur la figure 7) étant connectée au dit conducteur de référence (7). Le circuit de réception (6) délivre m "signaux de sortie du circuit de réception" au destinataire (3). Chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" correspond à une voie de transmission et est principalement déterminé par une et une seule des tensions entre une des dites bornes signal

et ladite borne commune. Ainsi, les signaux analogiques ou numériques des m voies de la source (2) sont transmis aux m voies du destinataire (3).

La figure 8 montre une section, notée $S(z_0)$, à une abscisse curviligne donnée z_0 montrée sur la figure 7, dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, de l'interconnexion et du conducteur de référence élémentaire (71). Dans cette structure interconnexion-masse, tous les conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion sont des pistes réalisées dans une seule couche conductrice du circuit imprimé, et le conducteur de référence élémentaire (71) est ledit plan de masse du circuit imprimé de ladite carte électronique. Chacun des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) est plus proche du plus proche des conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) que du conducteur de référence élémentaire (71). Plus précisément, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1 = 4$ et à $n = 4$, nous pouvons considérer les distances $D_{TR1j}(z_0)$, $D_{TR2j}(z_0)$, $D_{TTj}(z_0)$, $D_{RRj}(z_0)$ et $D_{TGj}(z_0)$ définies plus haut. Par exemple, pour $j = 1$, la figure 9 montre :

- 15 - la distance $D_{TR11} = D_{TR11}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101), considérée dans $S(z_0)$;
- la distance $D_{TR21} = D_{TR21}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;
- la plus courte distance $D_{TT1} = D_{TT1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et n'importe quel autre conducteur de transmission (12) (13) (14) de l'interconnexion, considérée dans $S(z_0)$;
- 20 - la distance $D_{RR1} = D_{RR1}(z_0)$ entre le conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;
- la distance $D_{TG1} = D_{TG1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de référence élémentaire (71), considérée dans $S(z_0)$.

La structure interconnexion-masse est telle que les inégalités (1) à (6) sont satisfaites. Par conséquent, à l'abscisse curviligne z_0 le long de l'interconnexion, dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion, inférieures à la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$, et inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des dits conducteurs de référence élémentaires.

De plus, l'interconnexion (1) s'étendant depuis l'abscisse curviligne $z = 0$ jusqu'à l'abscisse curviligne $z = L$, il existe une partie U de $[0, L]$, U correspondant à au moins $9/10$ de la longueur de l'interconnexion (1), z_0 étant un élément de U et U étant telle que, pour tout z appartenant à U , les inégalités (7) à (12) sont satisfaites.

5 La figure 7 montre que, dans ce premier mode de réalisation, les conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) sont interconnectés en $z = 0$, où ils sont mis à la masse, en $z = L$, où ils sont connectés à la borne commune du circuit de réception (6), et en deux autres abscisses curvilignes z_1 et z_2 le long de l'interconnexion. Le spécialiste comprend qu'augmenter le nombre de points auxquels les conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) sont interconnectés augmente la fréquence jusqu'à laquelle les conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) peuvent se comporter comme un conducteur unique. Le spécialiste comprend que la structure interconnexion-masse montrée sur la figure 8 peut être modélisée comme une ligne de transmission multiconductrice à $n + 2$ conducteurs en dessous de cette fréquence, alors qu'elle doit être modélisée comme une ligne de transmission multiconductrice à $2n + 2$ conducteurs au-dessus de cette fréquence. Par conséquent, cette structure interconnexion-masse ne peut pas être utilisée dans un des dispositifs de transmission pseudo-différentielle divulgués dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 ou la demande internationale correspondante, ou les dites demandes de brevet français numéro 08/04429 ou 08/04430.

20 Dans ce premier mode de réalisation, le circuit d'émission (5) délivre n variables de transmission, chacune des dites variables de transmission étant une tension entre un des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et la masse, chacune de ces variables de transmission étant principalement déterminée par un et un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission". Le circuit de terminaison (4) est toujours dans l'état activé et est approximativement équivalent, pour l'interconnexion (1), à un réseau à $n + 1$ bornes linéaire tel que, dans une partie de la bande de fréquences connue utilisée pour la transmission, la matrice impédance du dit réseau à $n + 1$ bornes, par rapport à son noeud commun connecté aux conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105), est égale à une matrice diagonale d'ordre n recherchée. Le circuit de réception (6) est toujours dans l'état activé. Le circuit de terminaison (4) et le circuit de réception (6) forment un dispositif d'interface divulgué dans la demande de brevet français numéro 07/04421 du 21 juin 2007, intitulée "Dispositif d'interface pseudo-différentiel avec circuit de terminaison", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2008/051826 du 8 mai 2008, intitulée "Pseudo-differential interfacing device having a termination circuit".

35 Le spécialiste comprend que, dans ce mode de réalisation :

a) le fait que la borne commune du circuit de réception (6) soit connecté à des conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) qui sont distincts du conducteur de référence

correspond à un procédé de transmission pseudo-différentiel procurant une réduction de la diaphonie externe ;

b) les conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) procurent un certain écrantage entre les conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), qui réduit la diaphonie interne ;

c) le circuit de terminaison (4), qui peut être dimensionné pour réduire efficacement l'écho comme expliqué ci-dessus, ne dégrade pas la diaphonie externe puisqu'il n'est pas connecté à la masse.

Par conséquent, les signaux des m voies de la source (2) sont transmis aux m voies du destinataire (3), sans écho, diaphonie interne ou diaphonie externe notables.

Une structure interconnexion-masse similaire à celle représentée sur la figure 8 pourrait aussi être réalisée à l'intérieur d'un circuit intégré monolithique, et être utilisée dans un dispositif selon l'invention similaire au premier mode de réalisation. Dans ce cas, tous les conducteurs de l'interconnexion peuvent être réalisés dans un seul niveau de métallisation de la puce du circuit intégré.

Deuxième mode de réalisation.

Au titre d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif pour la transmission selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 10 un dispositif selon l'invention comportant une interconnexion (1) réalisée dans un circuit imprimé flexible, l'interconnexion (1) ayant $n = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et $r = n + 1$ conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105). Dans ce deuxième mode de réalisation, le conducteur de référence (7) comporte deux conducteurs de référence élémentaires qui sont mis à la masse, c'est-à-dire connectés à une borne 0 V d'un circuit imprimé rigide, aux deux extrémités de l'interconnexion (1), chaque mise à la masse des deux conducteurs de référence élémentaires à une abscisse curviligne donnée étant, dans la figure 10, représentée par une mise à la masse du conducteur de référence (7) à cette abscisse curviligne donnée.

Un circuit d'émission (5) reçoit en entrée les $m = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" des m voies de la source (2), et ses $n + 1$ bornes de sortie sont connectées aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité proche de l'interconnexion (1). Un circuit de terminaison (4) est connecté aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité éloignée de l'interconnexion (1). Un circuit de réception (6) a ses $n + 1$ bornes d'entrée connectées aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1), à l'extrémité éloignée de l'interconnexion (1). Plus précisément, le

circuit de réception (6) a n bornes signal, une borne commune et une borne de référence (borne de masse), chacune des dites bornes signal étant couplée à un et un seul des dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), ladite borne commune étant couplée à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105), ladite borne de référence (qui n'est pas montrée sur la figure 10) étant connectée aux dits conducteurs de référence élémentaires. Le circuit de réception (6) délivre m "signaux de sortie du circuit de réception" au destinataire (3). Chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" correspond à une voie de transmission et est principalement déterminé par au moins une des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune. Ainsi, les signaux analogiques ou numériques des m voies de la source (2) sont transmis aux m voies du destinataire (3).

La figure 11 montre une section, notée $S(z_0)$, à une abscisse curviligne donnée z_0 , dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires (71) (72), quand le circuit imprimé flexible repose sur une surface plane. Dans cette structure interconnexion-masse, tous les conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion et les conducteurs de référence élémentaires (71) (72) sont des pistes réalisées dans une seule couche conductrice du circuit imprimé. Chacun des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) est plus proche du plus proche des conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) que de n'importe lequel des conducteurs de référence élémentaires (71) (72). Plus précisément, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1 = 4$ et à $n = 4$, nous pouvons considérer les distances $D_{TR1j}(z_0)$, $D_{TR2j}(z_0)$, $D_{TTj}(z_0)$, $D_{RRj}(z_0)$ et $D_{TGj}(z_0)$ définies plus haut. Par exemple, pour $j = 1$, la figure 12 montre :

- la distance $D_{TR11} = D_{TR11}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101), considérée dans $S(z_0)$;
- la distance $D_{TR21} = D_{TR21}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;
- la plus courte distance $D_{TT1} = D_{TT1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et n'importe quel autre conducteur de transmission (12) (13) (14) de l'interconnexion, considérée dans $S(z_0)$;
- la distance $D_{RR1} = D_{RR1}(z_0)$ entre le conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;
- la plus courte distance $D_{TG1} = D_{TG1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et n'importe lequel des conducteurs de référence élémentaires (71) (72), considérée dans $S(z_0)$.

La structure interconnexion-masse est telle que les inégalités (1) à (6) sont satisfaites. Si le circuit imprimé flexible est courbé ou tordu, les inégalités (1) à (6) sont encore satisfaites pour des déformations raisonnables, bien que les centres, dans une section droite de l'interconnexion, de chacun des conducteurs (101) (102) (103) (104) (105) (11) (12) (13) (14)

de l'interconnexion ne demeurent pas colinéaires, en général. De plus, l'interconnexion (1) s'étendant depuis l'abscisse curviligne $z = 0$ jusqu'à l'abscisse curviligne $z = L$, pour tout z appartenant à $[0, L]$, les inégalités (7) à (12) sont satisfaites (pour des déformations raisonnables).

5 Le spécialiste comprend que les conducteurs de référence élémentaires (71) (72) sont tels que d'autres conducteurs de masse ou entités conductrices à proximité de la structure interconnexion-masse montrée sur la figure 11 peuvent influencer les caractéristiques de propagation de cette structure interconnexion-masse. Puisque de tels autres conducteurs de masse ou entités conductrices pourraient éventuellement aussi être considérés comme des
 10 parties du conducteur de référence (7) montré sur la figure 10, ce conducteur de référence (7) est représenté, dans la figure 10, avec une forme géométrique irrégulière, telle que la distance entre les conducteurs de l'interconnexion (1) et le conducteur de référence (7) varie en fonction de l'abscisse z le long de l'interconnexion.

Dans ce deuxième mode de réalisation, les conducteurs de retour élémentaires (101)
 15 (102) (103) (104) (105) sont interconnectés en $z = 0$, où ils sont connectés à une borne de sortie du circuit d'émission (5), et en $z = L$, où ils sont connectés à la borne commune du circuit de réception (6). Le spécialiste comprend que la structure interconnexion-masse montrée sur la figure 11 doit, au-dessus d'une certaine fréquence, être modélisée comme une ligne de transmission multiconductrice à $2n + 3$ conducteurs ou comme une ligne de transmission
 20 multiconductrice ayant plus de $2n + 3$ conducteurs si les dits autres conducteurs de masse ou entités conductrices doivent être pris en compte.

Dans ce deuxième mode de réalisation, le circuit d'émission (5) délivre n variables de transmission, chacune des dites variables de transmission étant un courant entrant dans un des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), chacune de ces variables de transmission étant
 25 principalement déterminée par au moins un des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites variables de transmission n'étant pas principalement déterminée par un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission". Le circuit d'émission (5) est un dispositif divulgué dans la demande de brevet français numéro 08/03985 du 11 juillet 2008, intitulée "Dispositif d'interface multicanal avec circuit d'équilibrage", ayant n bornes signal
 30 et une borne commune, chacune des dites bornes signal étant connectée à un et un seul des dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), chacun des dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) étant connecté à une et une seule des dites bornes signal, ladite borne commune étant connectée à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105).

35 Le circuit de terminaison (4) est toujours dans l'état activé et est approximativement équivalent, pour l'interconnexion (1), à un réseau à $n + 1$ bornes linéaire tel que, dans une partie de la bande de fréquences connue utilisée pour la transmission, la matrice impédance

du dit réseau à $n + 1$ bornes, par rapport à son noeud commun connecté aux conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105), est égale à une matrice carrée non-diagonale d'ordre n recherchée. Le circuit de réception (6) est toujours dans l'état activé. Le circuit de terminaison (4) et le circuit de réception (6) forment un dispositif d'interface divulgué dans la
 5 demande de brevet français numéro 08/03876 du 8 juillet 2008, intitulée "Dispositif d'interface multicanal avec circuit de terminaison".

Une structure interconnexion-masse similaire à celle représentée sur la figure 11 pourrait aussi être réalisée à l'intérieur d'un circuit intégré monolithique, et être utilisée dans un dispositif selon l'invention similaire au deuxième mode de réalisation.

10 Troisième mode de réalisation.

Au titre d'un troisième mode de réalisation d'un dispositif pour la transmission selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 13 un dispositif selon l'invention comportant une interconnexion (1) réalisée dans ou sur le substrat d'un module multi-puces, l'interconnexion (1) ayant $n = 4$ conducteurs de transmission (11)
 15 (12) (13) (14) et $r = n - 1$ conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103). Dans ce troisième mode de réalisation, le conducteur de référence (7) comporte un seul conducteur de référence élémentaire qui est mis à la masse, c'est-à-dire connecté à une borne 0 V d'une puce, en plusieurs points le long de l'interconnexion (1), chaque mise à la masse du conducteur de référence élémentaire étant, dans la figure 13, représentée par une mise à la masse du
 20 conducteur de référence (7). Toutes les entités montrées sur la figure 13 appartiennent au même module multi-puces.

A chaque extrémité de l'interconnexion (1), un circuit de terminaison (4) est connecté aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1). Chaque circuit de terminaison (4) est toujours dans l'état activé et est approximativement équivalent,
 25 pour l'interconnexion (1), à un réseau à $n + 1$ bornes linéaire tel que, dans la bande de fréquences connue utilisée pour la transmission, la matrice impédance du dit réseau à $n + 1$ bornes, par rapport à son noeud commun connecté aux conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103), est égale à une matrice carrée d'ordre n recherchée. Deux circuits d'émission (5) placés à deux abscisses z différentes, reçoivent en entrée les $m = 4$ voies de deux sources
 30 (2), et les $n + 1$ bornes de sortie de chaque circuit d'émission (5) sont connectées aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1). Trois circuits de réception (6) sont placés à trois abscisses z différentes et les $n + 1$ bornes d'entrée de chaque circuit de réception (6) sont connectées aux $n + r$ conducteurs (101) (102) (103) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1). Trois circuits d'amortissement (8) sont connectés entre les
 35 conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) et le conducteur de référence (7). La

sortie de chaque circuit de réception (6) délivre, quand ledit circuit de réception (6) est dans l'état activé, m "signaux de sortie du circuit de réception" à un destinataire (3).

Sur la figure 13, chacun des dits circuits d'émission (5) est associé à un circuit de réception (6) placé à la même abscisse z que ledit chacun des dits circuits d'émission (5).

5 Chacun des dits circuits d'émission (5) délivre, quand ledit chacun des dits circuits d'émission (5) est dans l'état activé, n variables de transmission, chacune des dites variables de transmission étant un courant entrant dans un des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14), chacune de ces variables de transmission étant principalement déterminée par les signaux d'au moins une des voies de la source (2) connectée au dit chacun des dits circuits d'émission
10 (5).

Nous notons que la figure 13 montre une architecture en bus de données, et que les lignes d'adresses et/ou de contrôle nécessaires pour obtenir l'état activé d'au plus un circuit d'émission (5) à un instant donné ne sont pas représentées sur la figure 13.

Nous notons que, dans le dispositif de la figure 13, les circuits d'émission (5) et les
15 circuits de réception (6) étant connectés en parallèle avec l'interconnexion (1), ils peuvent, pour ne pas perturber de façon préjudiciable la propagation des ondes le long de l'interconnexion, et pour ne pas provoquer de réflexions indésirables aux extrémités de l'interconnexion, présenter à l'interconnexion des impédances élevées. Dans le dispositif de la figure 13, deux circuits de terminaison (4) sont nécessaires, car des ondes provenant de
20 l'interconnexion (1) peuvent être incidentes sur ses deux extrémités.

La figure 14 montre une section, notée $S(z_0)$, à une abscisse donnée z_0 , dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux, de l'interconnexion et du conducteur de référence élémentaire (71). Dans cette structure interconnexion-masse, tous les conducteurs (101) (102) (103) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion sont des pistes réalisées dans une
25 seule couche conductrice du substrat du module multi-puces. Pour cette structure interconnexion-masse, dans une section de l'interconnexion et des conducteurs de référence élémentaires dans ledit plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion, chacun des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) est plus proche du plus proche conducteur de retour élémentaire (101) (102) (103) que du plus proche
30 conducteur de référence élémentaire (71). De plus, pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1 = 2$ et à $n = 4$, nous pouvons considérer les distances $D_{TR1j}(z_0)$, $D_{TR2j}(z_0)$, $D_{TTj}(z_0)$, $D_{RRj}(z_0)$ et $D_{TGj}(z_0)$ définies plus haut. Par exemple, pour $j = 1$, la figure 15 montre :

- la distance $D_{TR11} = D_{TR11}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le
35 conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101), considérée dans $S(z_0)$;
- la distance $D_{TR21} = D_{TR21}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;

- la plus courte distance $D_{TT1} = D_{TT1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et n'importe quel autre conducteur de transmission (12) (13) (14) de l'interconnexion, considérée dans $S(z_0)$;

5 - la distance $D_{RR1} = D_{RR1}(z_0)$ entre le conducteur de retour élémentaire numéro 1 (101) et le conducteur de retour élémentaire numéro 2 (102), considérée dans $S(z_0)$;

- la distance $D_{TG1} = D_{TG1}(z_0)$ entre le conducteur de transmission numéro 1 (11) et le conducteur de référence élémentaire (71), considérée dans $S(z_0)$.

La structure interconnexion-masse est telle que les inégalités (1) à (6) sont satisfaites. Dans ce troisième mode de réalisation, la figure 13 montre que les conducteurs de retour
10 élémentaires (101) (102) (103) sont interconnectés en 3 abscisses le long de l'interconnexion (1).

Ce troisième mode de réalisation est destiné à transmettre des signaux numériques. Sur la figure 13, l'architecture en bus utilise une connexion directe des circuits d'émission (5) et des circuits de réception (6) à l'interconnexion (1). Ceci n'est pas une caractéristique de
15 l'invention. Par exemple, selon l'invention, des circuits d'émission (5) et/ou des circuits de réception (6) peuvent être couplés à l'interconnexion (1) en utilisant au moins un coupleur électromagnétique. Ce type de couplage est par exemple décrit dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,080,186 intitulé "Electromagnetically-coupled bus system". Ce type de couplage indirect peut procurer une plus grande bande passante des transmissions.

20 INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'invention est adaptée à la transmission pseudo-différentielle entre circuits intégrés dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, la transmission présentant un écho réduit, une diaphonie interne réduite et une diaphonie externe réduite. Les conducteurs de retour élémentaires étant proches des conducteurs de transmission, un
25 spécialiste en compatibilité électromagnétique comprend que l'invention procure aussi une émission de perturbations rayonnées réduite et une immunité aux perturbations rayonnées accrue.

Un point important est que l'interconnexion peut n'utiliser qu'une seule couche conductrice si elle est réalisée dans ou sur un circuit imprimé ou dans ou sur le substrat d'un
30 module multi-puces, ou qu'un seul niveau de métallisation si elle est réalisée dans un circuit intégré monolithique. Une telle interconnexion peut être très peu coûteuse.

Nous notons que, dans les modes de réalisation d'un dispositif pour la transmission selon l'invention, donnés ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs, selon les figures 8, 9, 11, 12, 14 et 15, chaque conducteur de l'interconnexion et chaque conducteur de référence
35 élémentaire ont une section droite rectangulaire. Ceci n'est nullement une caractéristique de

l'invention : selon l'invention, chaque conducteur de l'interconnexion et chaque conducteur de référence élémentaire peuvent avoir une section droite non rectangulaire.

Nous notons que, dans les modes de réalisation d'un dispositif pour la transmission selon l'invention, donnés ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs, selon les figures 8, 9, 11, 5 12, 14 et 15, les centres, dans une section de droite de l'interconnexion, des conducteurs de l'interconnexion sont colinéaires. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention : selon l'invention, les centres, dans une section de droite de l'interconnexion, des conducteurs de l'interconnexion peuvent être non colinéaires.

L'invention est adaptée à la protection contre le bruit produit par des couplages 10 électromagnétiques non voulus sur des circuits imprimés. L'invention est particulièrement avantageuse pour les circuits imprimés comportant des circuits analogiques à large bande ou des circuits numériques rapides. Pour transmettre dans m voies de transmission, l'invention présente l'avantage de ne nécessiter que $m + 1$ broches sur un circuit intégré assurant les fonctions de circuit d'émission et de circuit de réception, au lieu de $2m$ broches dans le cas 15 d'un émetteur-récepteur pour transmission différentielle. Des structures interconnexion-masse similaires à celles montrées sur les figures 8 ou 11 sont particulièrement utiles pour réaliser des interconnexions flexibles plates à faible coût et hautes performances telles que les interconnexions utilisées dans la charnière d'un radio-téléphone cellulaire ou d'un ordinateur portable.

L'invention est adaptée pour la protection contre le bruit produit par les couplages 20 électromagnétiques non voulus dans les circuits imprimés flexibles, par exemple les circuits imprimés flexibles utilisés comme liaison entre une tête magnétique d'une unité de disque dur et un circuit imprimé rigide, ou les circuits imprimés flexibles utilisés comme liaison entre un écran de visualisation plat et un circuit imprimé rigide.

L'invention est particulièrement adaptée à la transmission pseudo-différentielle à 25 l'intérieur d'un circuit intégré, car elle procure une bonne protection contre le bruit lié aux courants circulant dans le conducteur de référence et dans le substrat du circuit intégré.

L'invention est adaptée à une mise en oeuvre dans une architecture en bus de données.

L'invention est particulièrement adaptée à la signalisation multiniveau, car ce type de 30 procédé de transmission est plus sensible au bruit que la signalisation binaire.

L'invention est particulièrement adaptée à la signalisation bidirectionnelle simultanée, car ce type de procédé de transmission est plus sensible au bruit que la signalisation unidirectionnelle.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour la transmission procurant, dans une bande de fréquences connue, m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre entre l'entrée d'au moins un circuit d'émission et la sortie d'au moins un circuit de réception, m étant un entier supérieur ou égal à 2, le dispositif pour la transmission comportant :
- 5 une interconnexion (1) comportant n conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) numérotés de 1 à n , l'interconnexion (1) comportant r conducteurs de retour élémentaires (101) (102) (103) (104) (105) numérotés de 1 à r , n étant un entier supérieur ou égal à m et r étant un entier supérieur ou égal à 3, l'interconnexion (1) étant structurellement combinée avec au moins un conducteur de référence élémentaire (71) (72) sur toute la longueur de l'interconnexion (1), l'interconnexion (1) étant telle que, en un point donné le long de l'interconnexion (1), dans une section de l'interconnexion (1) et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion (1), pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion (1) et inférieures à la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$;
- 10 15 20 25 30 35
- au moins un dit circuit d'émission (5) recevant m "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, la sortie du dit au moins un dit circuit d'émission (5) étant couplée aux n conducteurs de transmission ;
- au moins un dit circuit de réception (6) délivrant, quand ledit au moins un dit circuit de réception (6) est dans l'état activé, m "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, ledit au moins un dit circuit de réception (6) comportant n bornes signal, une borne commune et une borne de référence, chacune des dites bornes signal étant couplée à un et un seul des dits conducteurs de transmission, ladite borne commune étant couplée à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ladite borne de référence étant connectée à chacun des dits conducteurs de référence élémentaires, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant principalement déterminé par au moins une des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.

2. Dispositif pour la transmission selon la revendication 1, dans lequel l'interconnexion (1) est telle que, au dit point donné le long de l'interconnexion (1), dans une section de l'interconnexion (1) et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion (1), pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des dits conducteurs de référence élémentaires.
3. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel, dans une section de l'interconnexion (1) et des conducteurs de référence élémentaires dans ledit plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion (1), chacun des conducteurs de transmission est plus proche du plus proche conducteur de retour élémentaire que du plus proche conducteur de référence élémentaire.
4. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel r est un entier supérieur ou égal à $n - 1$ et, sur au moins 9/10 de la longueur de l'interconnexion (1), dans une section de l'interconnexion (1) et des conducteurs de référence élémentaires dans un plan orthogonal à la direction de propagation des signaux dans l'interconnexion (1), pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à $r - 1$ et à n , la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro j et la distance entre le conducteur de transmission numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$ sont toutes deux inférieures à la moitié de la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe quel autre conducteur de transmission de l'interconnexion (1), inférieures à la moitié de la distance entre le conducteur de retour élémentaire numéro j et le conducteur de retour élémentaire numéro $j + 1$, et inférieures à la moitié de la plus courte distance entre le conducteur de transmission numéro j et n'importe lequel des dits conducteurs de référence élémentaires.
5. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant en outre un circuit de terminaison (4) ayant n noeuds signal, chacun des dits noeuds signal étant couplé à un et un seul des dits conducteurs de transmission, chacun des dits conducteurs de transmission étant couplé à un et un seul des dits noeuds signal, ledit circuit de terminaison (4) ayant un noeud commun connecté à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ledit circuit de terminaison (4) étant, lorsque ledit circuit de terminaison (4) est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour les dits noeuds signal et ledit noeud commun, à

un réseau à $n + 1$ bornes.

6. Dispositif pour la transmission selon la revendication 5, dans lequel ledit réseau à $n + 1$ bornes est linéaire et tel que, dans une partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance du dit réseau à $n + 1$ bornes, par rapport au dit noeud commun, est égale à une matrice diagonale d'ordre n recherchée.
7. Dispositif pour la transmission selon la revendication 5, dans lequel ledit réseau à $n + 1$ bornes est linéaire et tel que, dans une partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance du dit réseau à $n + 1$ bornes, par rapport au dit noeud commun, est égale à une matrice carrée non-diagonale d'ordre n recherchée.
8. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comportant en outre un circuit de terminaison (4) ayant n noeuds signal, chacun des dits noeuds signal étant couplé à un et un seul des dits conducteurs de transmission, chacun des dits conducteurs de transmission étant couplé à un et un seul des dits noeuds signal, ledit circuit de terminaison (4) ayant un noeud commun connecté à chacun des dits conducteurs de retour élémentaires, ledit circuit de terminaison (4) ayant un noeud de masse connecté à chacun des dits conducteurs de référence élémentaires, ledit circuit de terminaison (4) étant, lorsque ledit circuit de terminaison (4) est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour les dits noeuds signal, ledit noeud commun et ledit noeud de masse, à un réseau à $n + 2$ bornes tel que, en au moins un point de repos, pour des petits signaux dans une partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport au dit noeud de masse, du dit réseau à $n + 2$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre $n + 1$ recherchée.
9. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel tous les conducteurs de l'interconnexion (1) sont des pistes réalisées dans une seule couche conductrice d'un circuit imprimé ou d'un substrat d'un module multi-puces.
10. Dispositif pour la transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel tous les conducteurs de l'interconnexion (1) sont réalisés dans un seul niveau de métallisation d'une puce d'un circuit intégré.

1 / 10

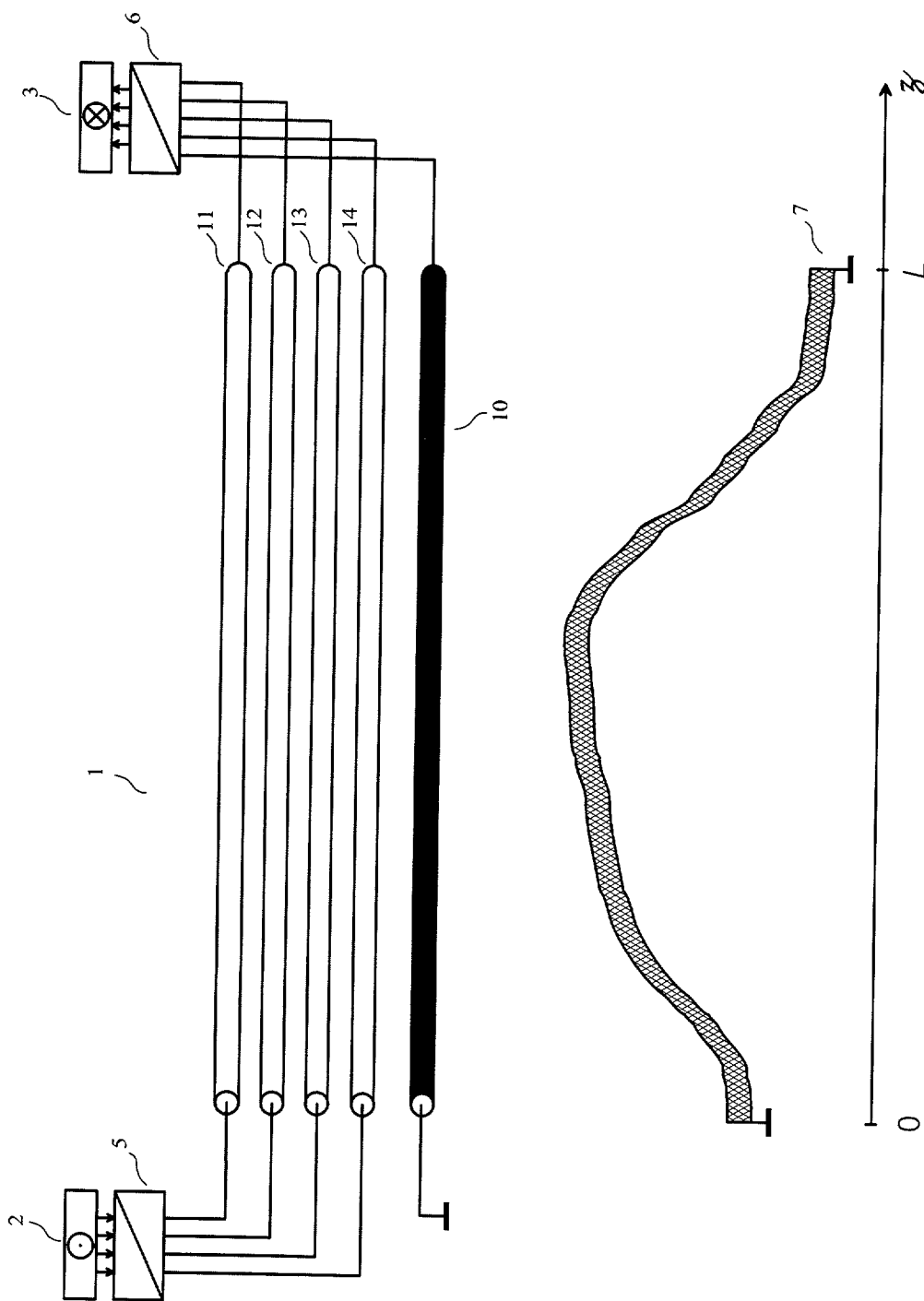


FIG. 1

2 / 10

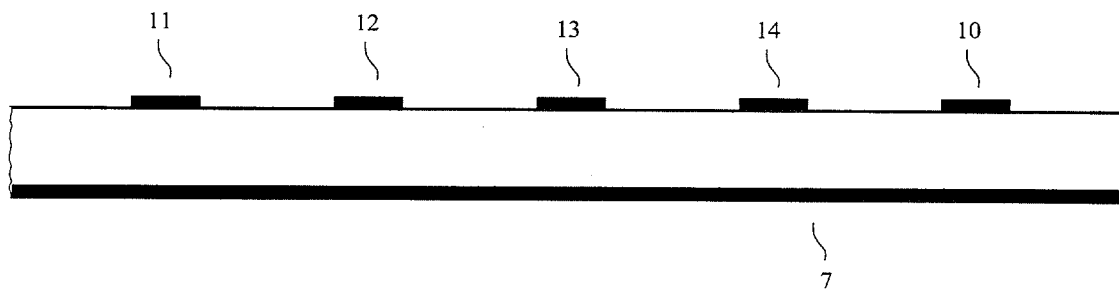


FIG. 2

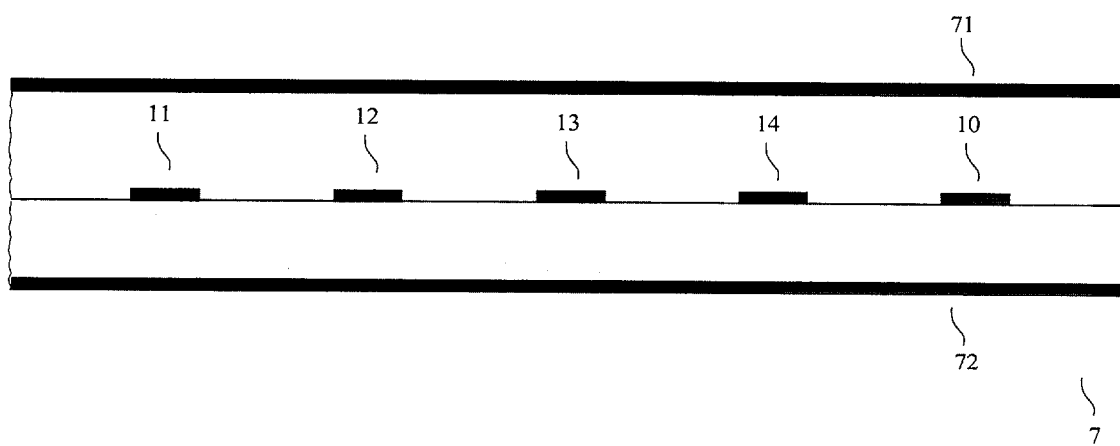


FIG. 3

3 / 10

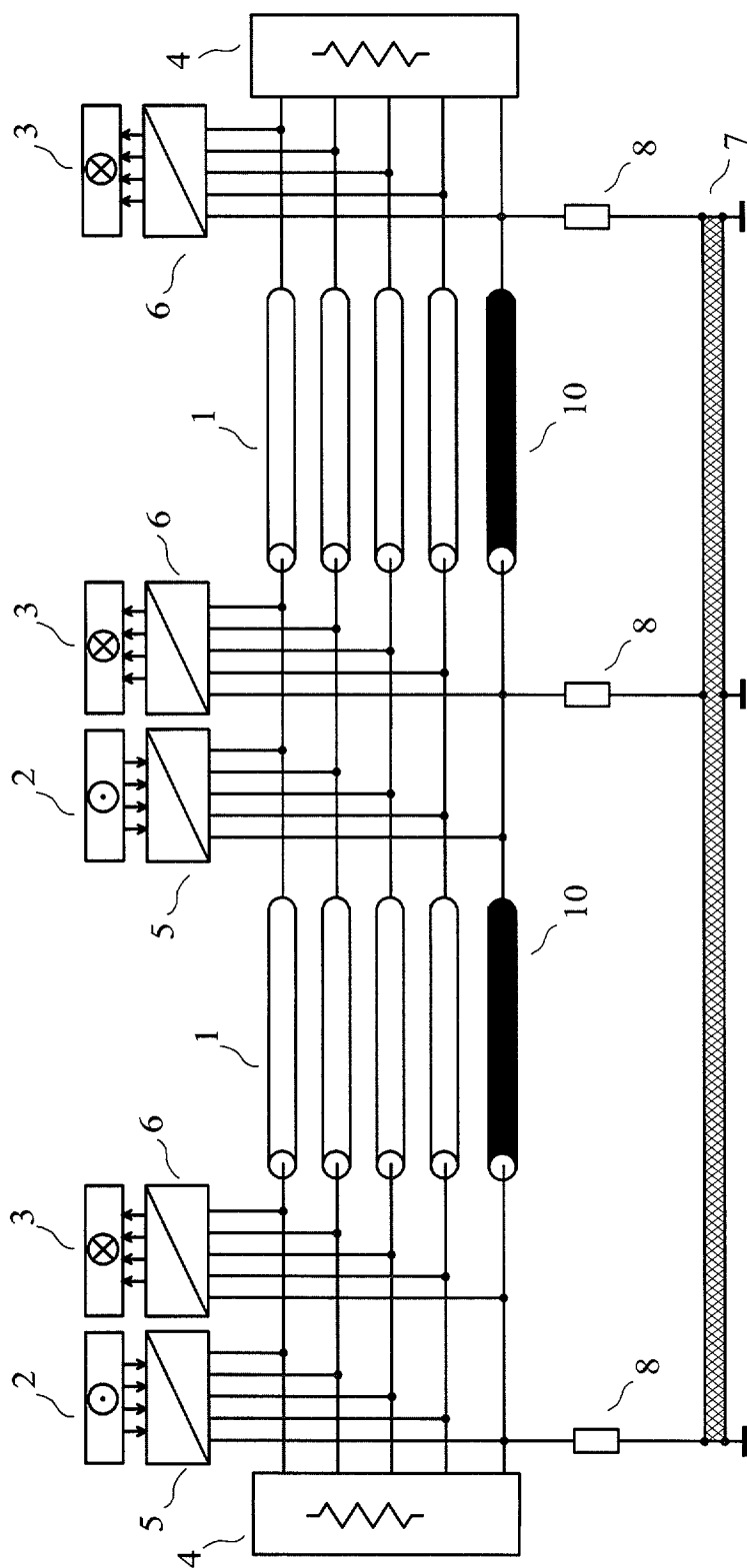


FIG. 4

4 / 10

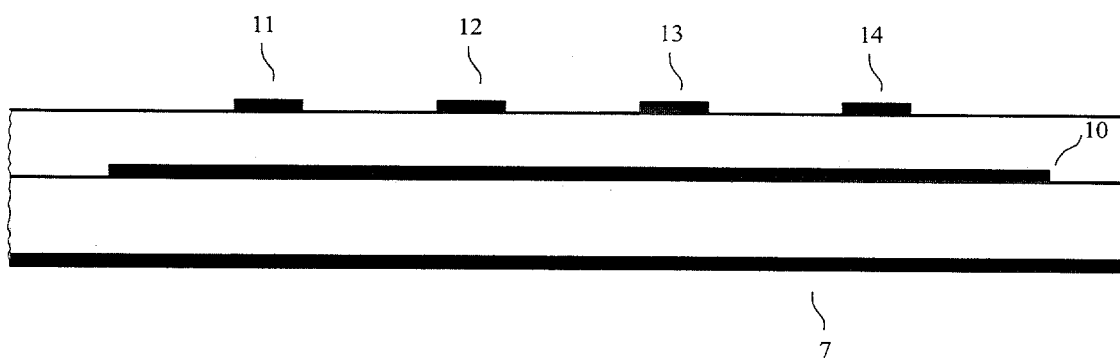


FIG. 5

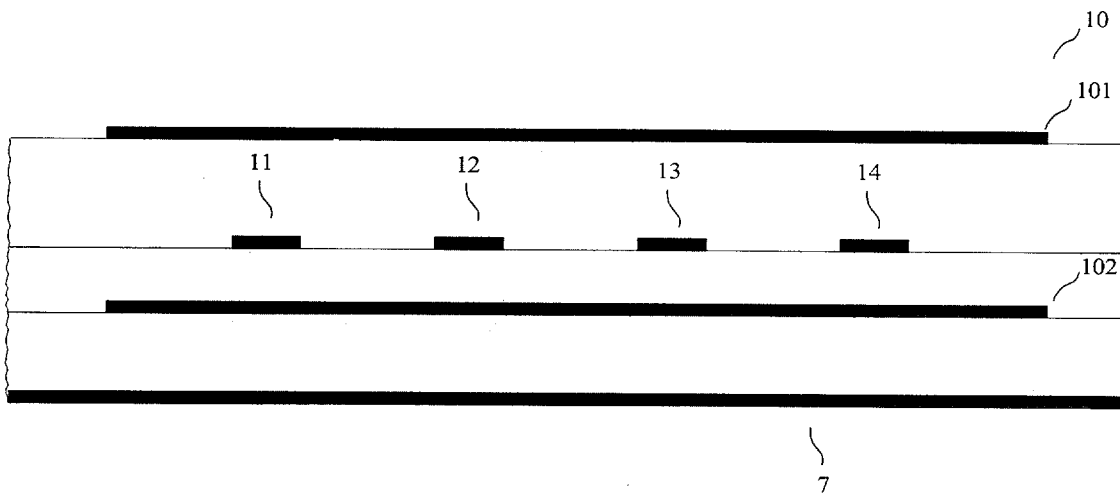


FIG. 6

5 / 10

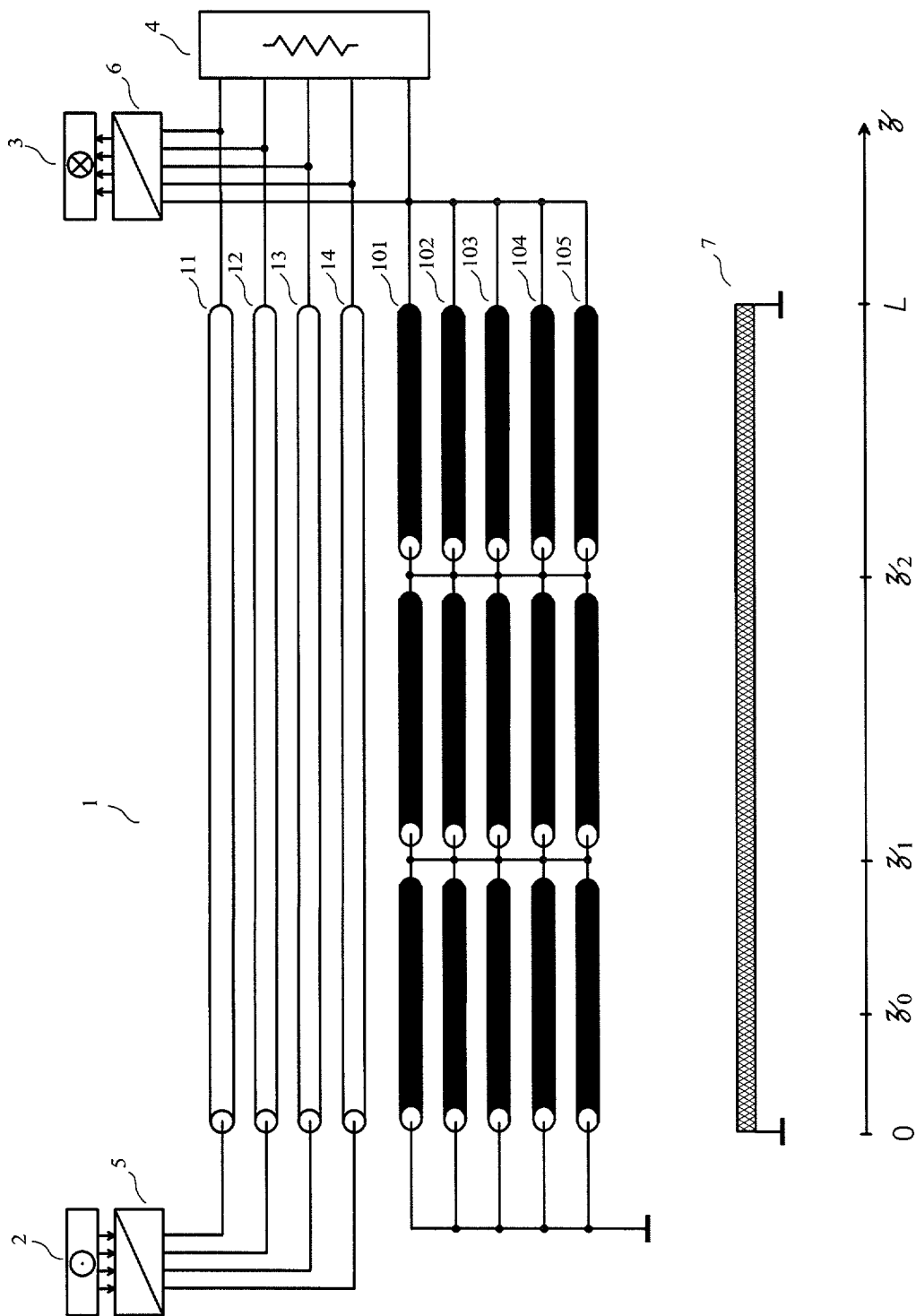


FIG. 7

6 / 10

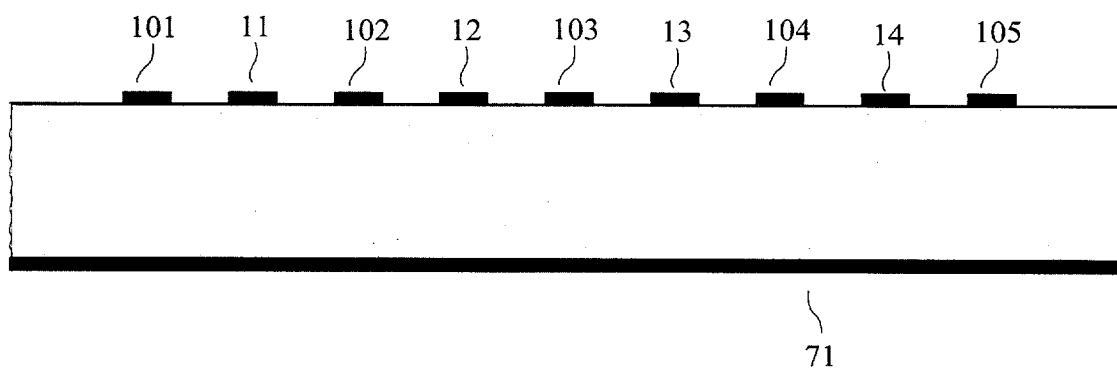


FIG. 8

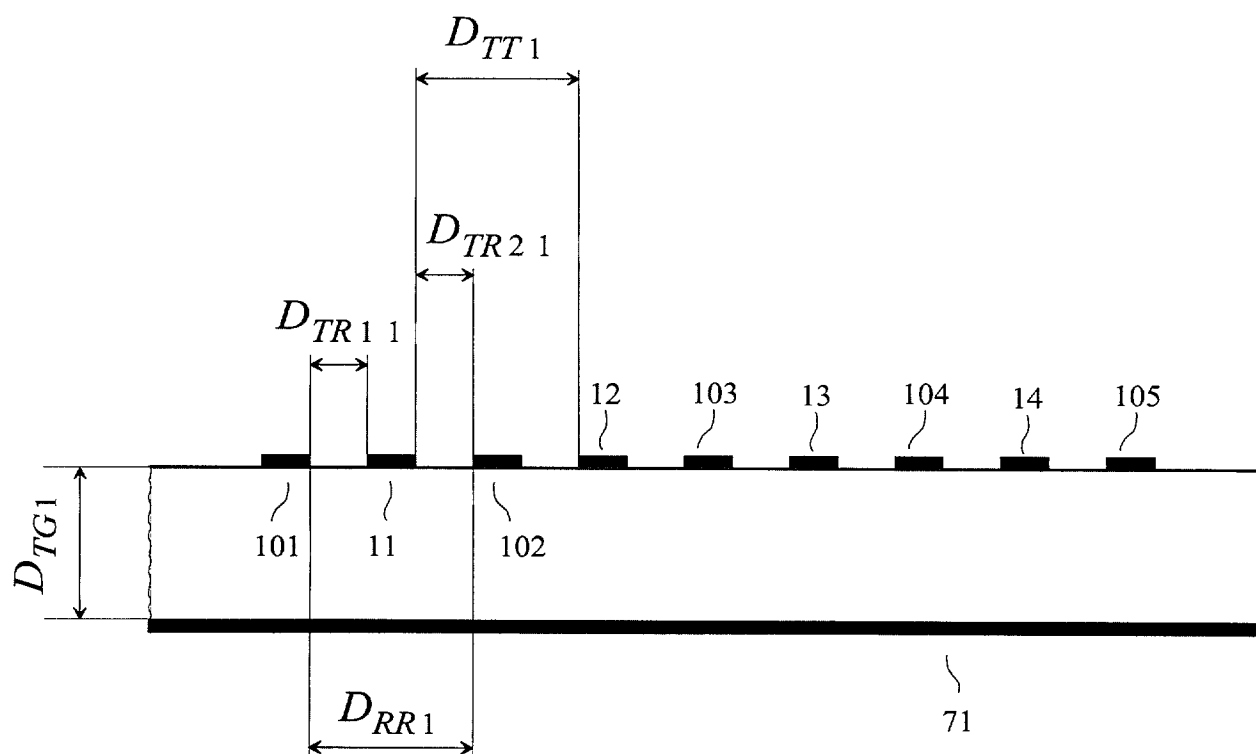


FIG. 9

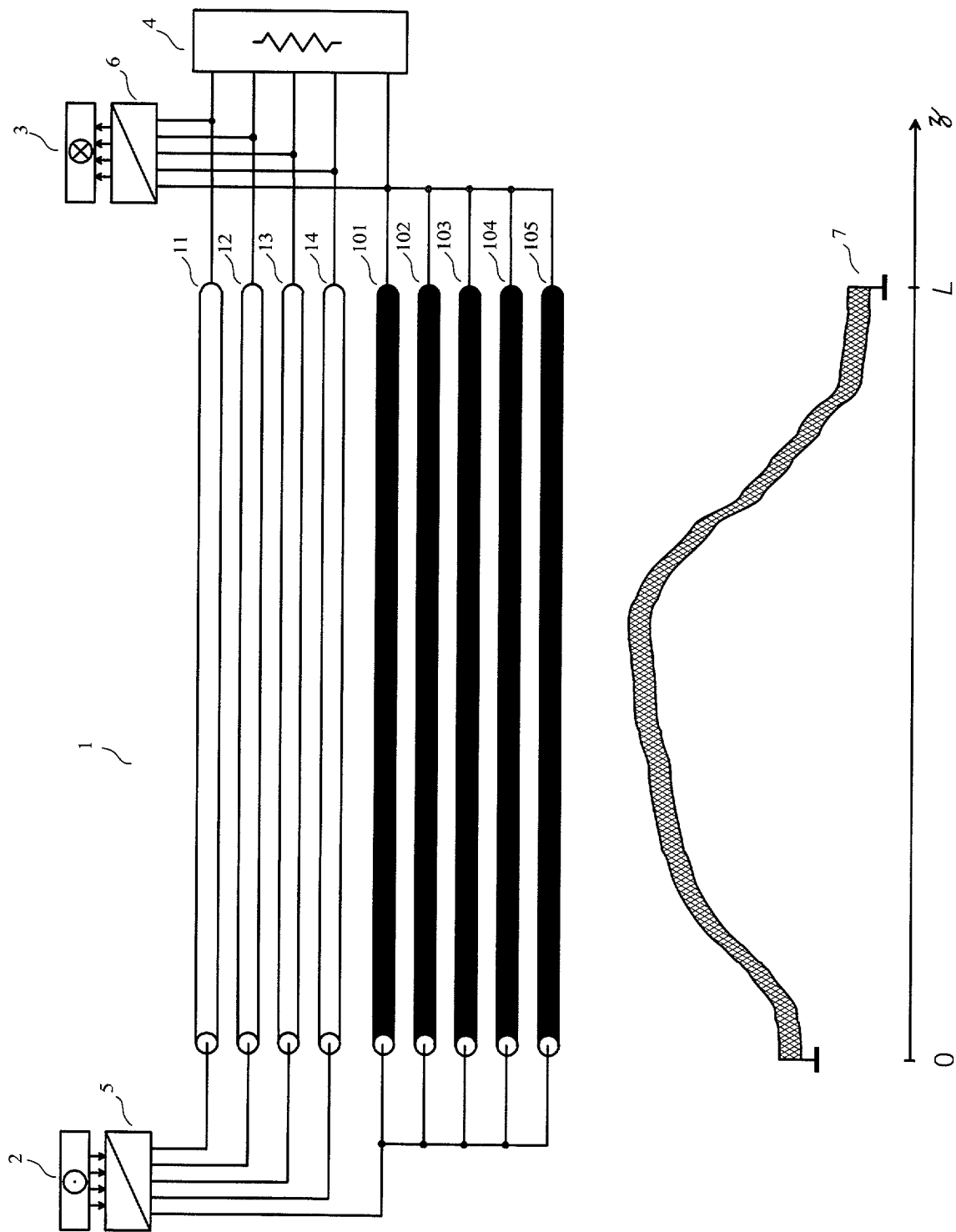


FIG. 10

8 / 10

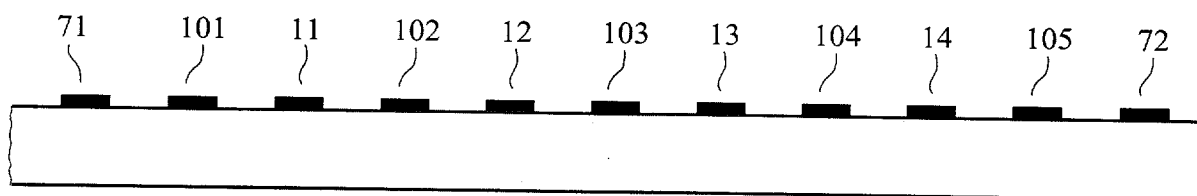


FIG. 11

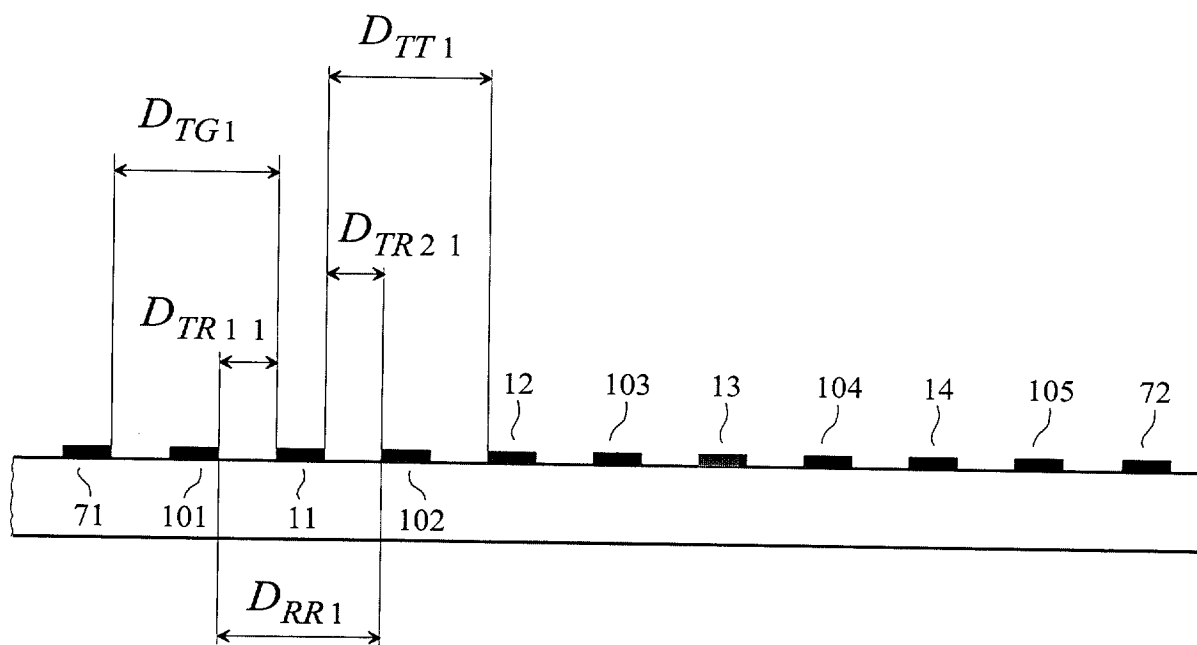


FIG. 12

9 / 10

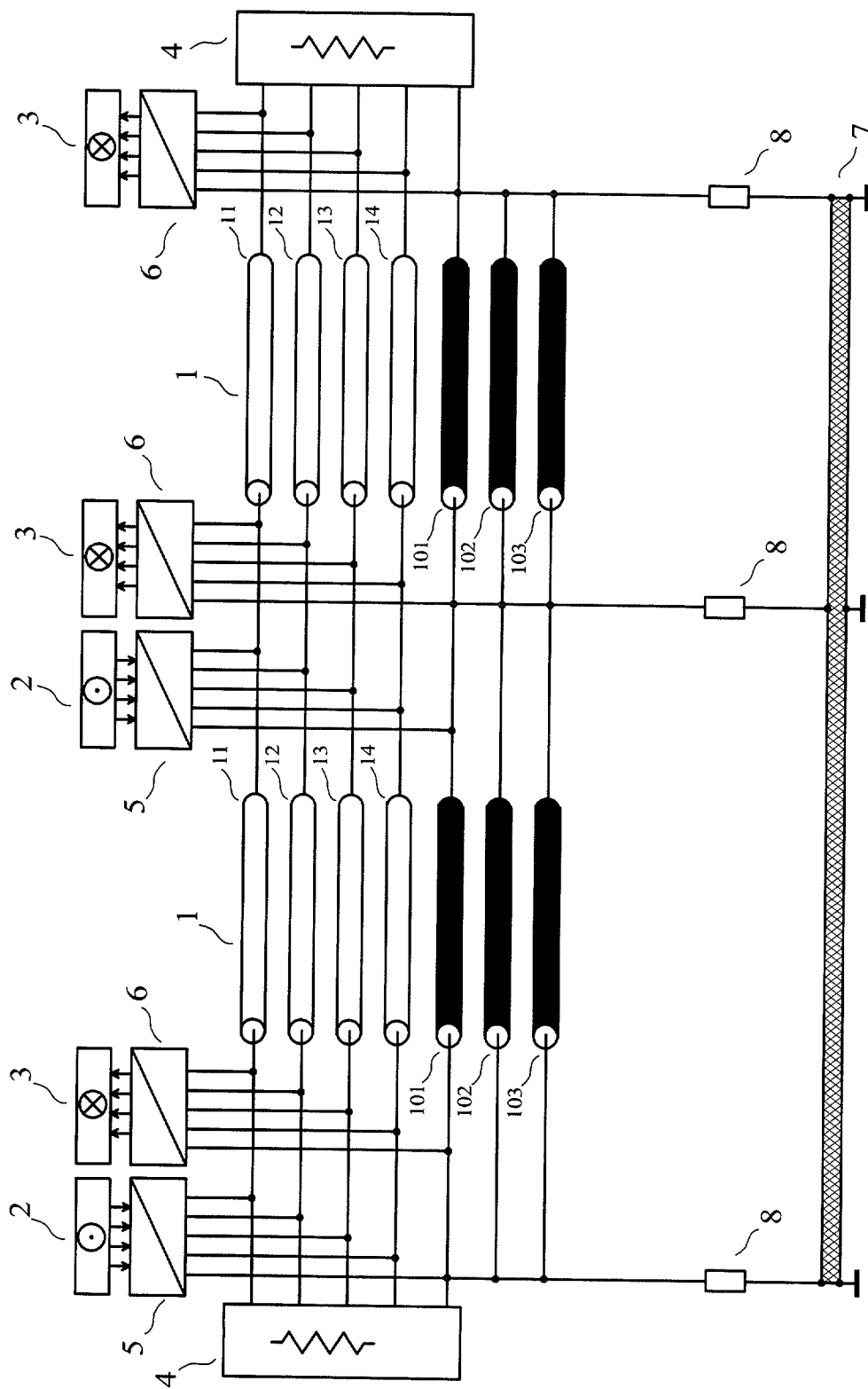


FIG. 13

10 / 10

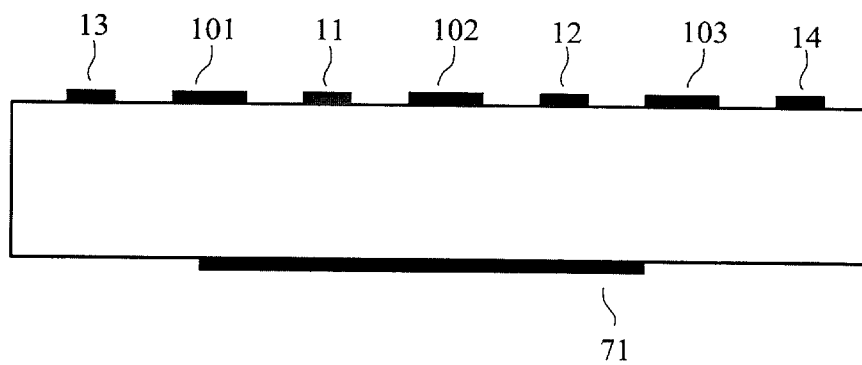


FIG. 14

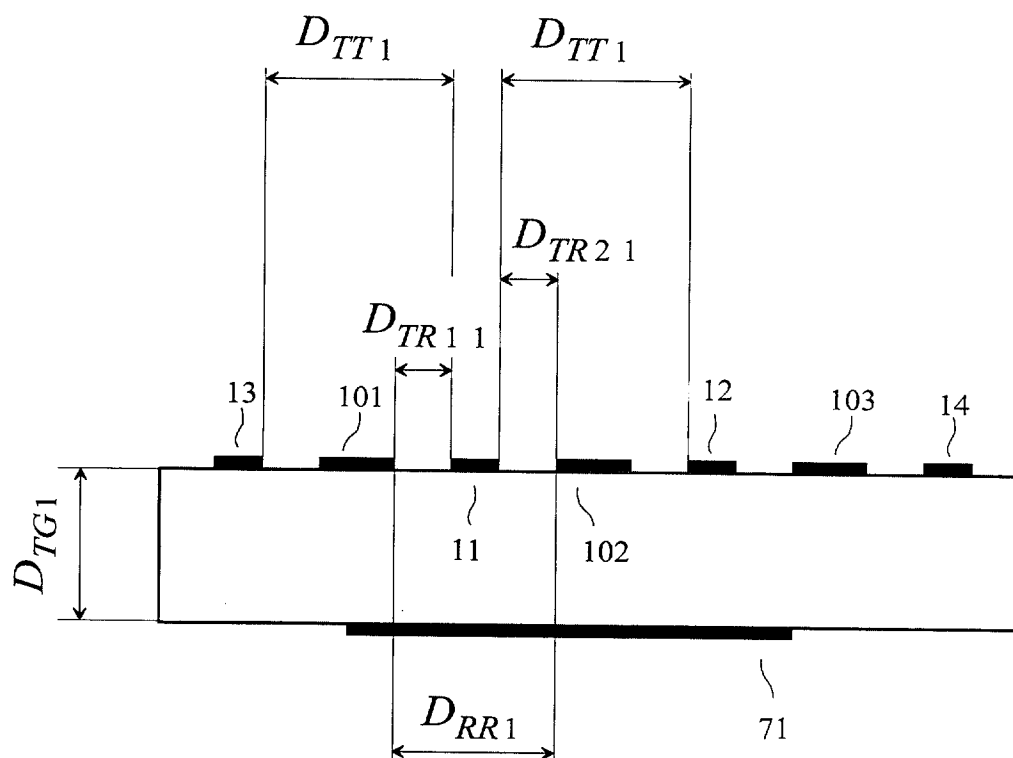


FIG. 15

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2007/046389 A1 (DREPS DANIEL M [US] ET AL)
1 mars 2007 (2007-03-01)

FREDERIC BROYDE ET AL: "Pseudo-differential links using a wide return conductor and a floating termination circuit" CIRCUITS AND SYSTEMS, 2008. MWSCAS 2008. 51ST MIDWEST SYMPOSIUM ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10 août 2008 (2008-08-10), pages 586-589, XP031315298 ISBN: 978-1-4244-2166-7

US 5 644 574 A (WILEY GEORGE A [US])
1 juillet 1997 (1997-07-01)

ESCOVAR R ET AL: "An Improved Long Distance Treatment for Mutual Inductance" IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 24, no. 5, 1 mai 2005 (2005-05-01), pages 783-793, XP011130819 ISSN: 0278-0070

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

N° d'enregistrement national : 0900161

N° de publication : 2941108

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES