

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

⑪ N° de publication :

2 933 827

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

⑫① N° d'enregistrement national :

08 03985

⑤① Int Cl⁸ : **H 04 B 3/00** (2006.01)

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF D'INTERFACE MULTICANAL AVEC CIRCUIT D'EQUILIBRAGE.

⑫② Date de dépôt : 11.07.08.

⑫③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 15.01.10 Bulletin 10/02.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.08.10 Bulletin 10/33.

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

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

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

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ Mandataire(s) : EXCEM.

FR 2 933 827 - B1



Dispositif d'interface multicanal avec circuit d'équilibrage.

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne un dispositif d'interface pour les transmissions dans les
 5 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 Ladite transmission peut être obtenue dans une interconnexion comportant $m+1$
 conducteurs, dont m conducteurs de transmission. Un dispositif pour la transmission dans une
 telle interconnexion est représenté sur la figure 1, ce dispositif comprenant une interconnexion
 (1) ayant $m = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et un conducteur de référence
 (7), c'est-à-dire un conducteur de masse. Sur la figure 1, chaque extrémité de l'interconnexion

est connectée à un circuit de terminaison (4). Le circuit d'émission (5) reçoit en entrée les signaux des 4 voies de la source (2), et ses 5 bornes de sortie sont connectées aux conducteurs de l'interconnexion (1), un de ces conducteurs étant la masse. Le circuit de réception (6) a ses 5 bornes d'entrée connectées aux conducteurs de l'interconnexion (1), un de ces conducteurs étant la masse. Le dispositif représenté sur la figure 1 procure 4 voies de transmission, telles que les signaux des 4 voies de la source (2) sont transmis aux 4 voies du destinataire (3). Le dispositif représenté sur la figure 1 est assez général. Par exemple, selon le cas, l'une et/ou l'autre terminaison peuvent ne comporter aucun composant. Par exemple, selon le cas, le circuit d'émission (5) et/ou le circuit de réception (6) peuvent ne comporter aucun composant. Cependant, des dispositifs différents de celui de la figure 1 sont également envisageables, par exemple des dispositifs pour la transmission comportant plusieurs sources et/ou plusieurs destinataires, basés sur une architecture en bus de données.

Le procédé de transmission le plus simple pour obtenir m voies de transmission utilise m liaisons unifilaires, aussi appelées liaisons asymétriques (single-ended links en anglais). Avec m liaisons unifilaires, chaque voie de transmission utilise un conducteur de transmission de l'interconnexion, et le conducteur de référence (masse) est utilisé pour le courant de retour produit par les courants circulant sur les m conducteurs de transmission. Ce procédé peut être mis en oeuvre conformément à la figure 1. Ce procédé est sujet à deux phénomènes néfastes : l'écho et la diaphonie entre les différentes voies de transmission.

L'état de la technique antérieure concernant les transmissions sans écho et sans diaphonie, applicable à la présente demande de brevet, est exposé dans les 3 brevets suivants :

- le brevet français numéro 0300064 du 6 janvier 2003 intitulé "Procédé et dispositif pour la transmission avec une faible diaphonie", correspondant à la demande internationale numéro PCT/EP2003/015036 du 24 décembre 2003 (WO 2004/062129), intitulée "Method and device for transmission with reduced crosstalk" ;
- le brevet français numéro 0302814 du 6 mars 2003 intitulé "Procédé et dispositif numériques pour la transmission avec une faible diaphonie", correspondant à la demande internationale numéro PCT/EP2004/002382 du 18 février 2004 (WO 2004/079941), intitulée "Digital method and device for transmission with reduced crosstalk" ;
- le brevet français numéro 0303087 du 13 mars 2003 intitulé "Procédé et dispositif pour la transmission sans diaphonie", correspondant à la demande internationale numéro PCT/EP2004/002383 du 18 février 2004 (WO 2004/082168), intitulée "Method and device for transmission without crosstalk".

Les inventions décrites dans ces trois brevets peuvent être mises en oeuvre conformément à la figure 1. L'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections", paru dans le journal *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, vol. 52, No. 2, pages 405 à 416, en février 2005,

corrigé et complété par l'article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé "Corrections to «A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections»", paru dans le journal *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, vol. 53, No. 8, p. 1851 en août 2006, démontre que les inventions décrites dans les dits brevets français numéro 0300064, 5 numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes permettent bien d'éliminer la diaphonie entre les différentes voies de transmission obtenues avec ladite interconnexion, et aussi l'écho.

Cependant il existe d'autres phénomènes de diaphonie pouvant produire du bruit. De tels phénomènes sont produits par des couplages électromagnétiques entre des conducteurs de ladite interconnexion et d'autres conducteurs proches, par exemple lorsque ladite 10 interconnexion et ces autres conducteurs sont réalisés sur un même circuit imprimé. Un tel autre conducteur proche peut par exemple être un conducteur d'alimentation, un conducteur d'une liaison pour signaux numériques, etc. Nous appellerons "diaphonie externe" ces phénomènes, pour les distinguer de la diaphonie entre lesdites voies de transmissions, que nous 15 appellerons "diaphonie interne".

Comme expliqué dans la partie sur l'état de la technique antérieure de 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 20 transmission", un procédé de transmission utilisant le conducteur de référence, qui est souvent appelé le conducteur de masse, comme chemin de retour pour le courant de retour produit par les courants circulant dans les conducteurs de transmission, présente souvent un fort couplage entre les dites voies de transmission et d'autres mailles comportant un chemin dans le conducteur de référence. Ce cas particulier de diaphonie externe est parfois appelé "ground 25 noise" ou "ground bounce" en anglais.

Si l'interconnexion est utilisée pour réaliser m liaisons unifilaires, le conducteur de référence (masse) est aussi utilisé pour le courant de retour produit par les courants circulant sur les m conducteurs de transmission, comme dans le cas montré sur la figure 1. Ce procédé est donc vulnérable à la diaphonie externe (il est aussi sujet à la diaphonie interne). Si les 30 liaisons unifilaires sont utilisées pour émettre des signaux qui contiennent des fréquences pour lesquelles les phénomènes de propagation dans l'interconnexion ne sont pas négligeables (par exemple des fréquences plus élevées que la plus basse vitesse de propagation dans l'interconnexion divisée typiquement par 15 fois la longueur de l'interconnexion), il devient nécessaire d'utiliser au moins un circuit de terminaison (4), comme montré dans la figure 1, 35 pour réduire les réflexions. Un tel circuit de terminaison (4) est caractérisé, pour l'interconnexion, par une matrice impédance par rapport à la masse, ladite matrice impédance par rapport à la masse étant une matrice diagonale d'ordre m . La section III dudit article

intitulé “A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections” explique qu’un tel circuit de terminaison ne peut être adapté, à moins que les conducteurs de transmission ne soient éloignés et ne soient donc pas couplés. Il explique aussi que les effets néfastes des réflexions peuvent être minimisés, si les composants diagonaux de ladite matrice impédance par rapport à la masse sont des impédances pseudo-adaptées minimisant une norme matricielle de la matrice $\mathbf{P}_G$ des coefficients de réflexion en tension, par rapport au conducteur de référence, du circuit de terminaison. Ceci procure une réduction de l’écho, et, dans une faible mesure, une réduction de la diaphonie interne. Malheureusement, un tel circuit de terminaison produit des courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence, une caractéristique qui est en contradiction avec la réduction de la diaphonie externe.

Si l’interconnexion est utilisée selon l’une des inventions décrites dans les dits brevets français numéro 0300064, numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes, le conducteur de référence (masse) est aussi utilisé pour le courant de retour produit par les courants circulant sur les m conducteurs de transmission, comme montré sur la figure 1. Ces inventions, qui conviennent pour réduire ou éliminer la diaphonie interne, sont donc sujettes à la diaphonie externe. Un circuit de terminaison (4) utilisé dans ces inventions doit être adapté à la ligne de transmission multiconductrice à $(m + 1)$ conducteurs utilisée pour modéliser l’interconnexion, c’est-à-dire que la matrice impédance par rapport à la masse du circuit de terminaison doit être voisine de la matrice impédance caractéristique $\mathbf{Z}_{GC}$, par rapport à la masse, de ladite ligne de transmission multiconductrice à $(m + 1)$ conducteurs ($\mathbf{Z}_{GC}$ est une matrice carrée d’ordre m). Ledit article intitulé “A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections” montre qu’une telle terminaison peut être utilisée pour obtenir l’élimination de l’écho et de la diaphonie interne. Malheureusement, un tel circuit de terminaison produit des courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence, une caractéristique qui est en contradiction avec la réduction de la diaphonie externe.

Cependant, 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 $n = 2m$ conducteurs de transmission. Un dispositif de transmission pseudo-différentiel 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 ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante.

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", décrit des circuits de terminaison qui ne produisent pas de courants de retour circulant principalement dans le conducteur de référence ou dans un conducteur d'alimentation. De tels circuits de terminaison peuvent être utilisés dans le procédé de transmission pseudo-différentiel décrit dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante.

La méthode de ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante est très efficace pour la suppression de la diaphonie externe. Cependant, elle n'élimine 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 en mai 2008, montre que de la diaphonie interne peut être présente lorsque cette méthode est utilisée.

Inversement, comme expliqué plus haut, les inventions décrites dans les dits brevets français numéro 0300064, numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes sont appropriées pour supprimer la diaphonie interne et l'écho, mais elles ne réduisent pas la diaphonie externe.

La demande de brevet français numéro 08/03876 du 8 juillet 2008, intitulée "Dispositif d'interface multicanal avec circuit de terminaison" décrit un circuit d'interface qui peut prendre la place d'un circuit de réception et d'un circuit de terminaison utilisés dans un des dispositifs décrits dans les dits brevets français numéro 0300064, numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes, ce dispositif d'interface procurant une réduction de la diaphonie externe au niveau du circuit de réception. Cependant, cette invention ne réduit pas la diaphonie externe au niveau du circuit d'émission utilisé dans un des dispositifs décrits dans les dits brevets français numéro 0300064 et numéro 0302814 et les demandes internationales correspondantes.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Le dispositif d'interface selon l'invention a pour but de produire une transmission dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, cette transmission présentant une diaphonie externe réduite et une diaphonie interne réduite.

- 5 L'invention concerne un dispositif pour la transmission de signaux dans une pluralité de voies de transmission, dans une bande de fréquences connue, comportant :
- m bornes signal, une borne commune et une borne de référence (masse), les bornes signal étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant m conducteurs de transmission, m étant un entier supérieur ou égal à 2 ;
- 10 un circuit d'émission recevant q "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, q étant un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à m , la sortie du circuit d'émission étant couplée à chacune des dites bornes signal, la sortie du circuit d'émission délivrant, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, m variables de transmission, chacune des dites variables de transmission
- 15 étant soit une tension entre une des dites bornes signal et ladite borne commune soit un courant sortant d'une des dites bornes signal, chacune des dites variables de transmission étant 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
- 20 d'émission" ;
- un circuit d'équilibrage délivrant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, un courant dans ladite borne commune, le courant total sortant de ladite borne commune étant, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois
- 25 termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.

- Dans un dispositif selon l'invention, la borne commune est distincte de la borne de
- 30 référence et de toute borne destinée à présenter une tension fixe par rapport à la borne de référence (par exemple une borne d'alimentation), de façon à permettre le fonctionnement du circuit d'équilibrage comme une source de courant commandée (on dit aussi "source de courant liée" ou "source de courant dépendante") délivrant un courant dans ladite borne commune. Par conséquent, la borne commune n'est pas connectée à la borne de référence à
- 35 l'intérieur du dispositif selon l'invention et la borne commune n'est pas connectée à une borne d'alimentation à l'intérieur du dispositif selon l'invention. Cependant, ceci n'exclut pas une

utilisation d'un dispositif selon l'invention dans laquelle la borne commune du dispositif selon l'invention est mise à la masse (c'est-à-dire connectée à la borne de référence) à l'extérieur du dispositif selon l'invention ou connecté à une borne d'alimentation à l'extérieur du dispositif selon l'invention, comme expliqué ci-dessous dans le premier mode de réalisation.

5 Dans la suite, les expressions "est dans l'état désactivé" et "n'est pas dans l'état activé" sont équivalentes.

Selon l'invention, le circuit d'émission dans l'état activé délivre des variables de transmission, chacune des dites variables de transmission étant principalement déterminée par au moins un des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites variables
10 de transmission n'étant pas principalement déterminée par un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission". Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit d'émission, dans lequel le comportement du circuit d'émission est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit d'émission n'est nullement une caractéristique de l'invention.

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

Selon l'invention, chacune des dites variables de transmission est 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
20 "signaux d'entrée du circuit d'émission". Ceci doit être interprété dans un sens large, comme : chacune des dites variables de transmission est principalement déterminée, à chaque instant, par l'histoire, jusqu'au dit instant, d'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 l'histoire, jusqu'au dit instant, d'un seul des dits "signaux d'entrée du circuit
25 d'émission".

Ainsi, une combinaison linéaire d'éléments $x_1, \dots, x_r$ étant une somme $\lambda_1 x_1 + \dots + \lambda_r x_r$ où $\lambda_1, \dots, \lambda_r$ sont les coefficients de la combinaison linéaire, le spécialiste comprend que, selon l'invention, chaque variable de transmission délivrée par ledit circuit d'émission peut être principalement déterminée par une combinaison linéaire de "signaux d'entrée du circuit
30 d'émission" filtrés, 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" filtrés, chacun des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission" filtrés étant le résultat de l'application d'un filtrage linéaire à un des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission".

Chacun des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission" filtrés peut être pratiquement
35 égal au signal d'entrée correspondant du circuit d'émission. Par conséquent, selon l'invention, chacune des dites variables de transmission délivrée par ledit circuit d'émission peut être principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit

d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro.

Selon l'invention, l'expression "courant qui sortirait d'un dipôle soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence" fait évidemment référence au
 5 "courant sortant d'un dipôle soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence" le plus général, c'est-à-dire un courant qui, à chaque instant, est uniquement déterminé par l'histoire, jusqu'à cet instant, de la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence. Le spécialiste comprend que cette expression n'implique pas qu'un dipôle soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence est réellement
 10 présent dans un dispositif selon l'invention : le dipôle est seulement utilisé pour modéliser le courant sortant de ladite borne commune.

Selon l'invention, ledit dipôle utilisé pour modéliser le courant sortant de ladite borne commune est un dipôle passif au sens de la théorie des circuits (un élément de circuit passif est un élément de circuit dans lequel l'énergie absorbée peut seulement être positive ou nulle),
 15 mais ce dipôle n'est pas nécessairement linéaire. Ledit troisième terme peut donc être le courant qui sortirait d'un dipôle passif non linéaire, par exemple une diode. Inversement, ledit troisième terme peut être le courant qui sortirait d'un dipôle passif linéaire, par exemple une résistance. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut être tel que ledit courant total sortant de ladite borne commune est, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans
 20 au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal et le troisième terme étant le courant sortant d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.

25 Selon l'invention, la sortie du dit circuit d'émission est couplée aux m bornes signal. La sortie du dit circuit d'émission peut être aussi couplée à ladite borne commune. Inversement, la sortie du dit circuit d'émission peut ne pas être couplée à ladite borne commune.

Le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage utilisés dans un dispositif selon
 30 l'invention peuvent par exemple seulement utiliser un traitement analogique du signal pour produire lesdites variables de transmission et le courant délivré par le circuit d'équilibrage à la borne commune. Les troisième, cinquième, sixième et septième modes de réalisation décrits ci-dessous sont des exemples de ce type de dispositif selon l'invention. Il est également possible que le circuit d'émission utilisé dans un dispositif selon l'invention emploie un
 35 traitement numérique du signal pour produire lesdites variables de transmission, alors que le circuit d'équilibrage emploie seulement un traitement analogique du signal pour produire le courant délivré par le circuit d'équilibrage à la borne commune. Le quatrième mode de

réalisation décrit ci-dessous est un exemple de ce type de dispositif selon l'invention.

Cependant, le spécialiste comprend qu'il est également concevable que le circuit d'équilibrage utilisé dans un dispositif selon l'invention emploie un traitement numérique du signal pour produire le courant délivré par le circuit d'équilibrage à la borne commune.

- 5 Numérotions de 1 à m les dites bornes signal. Pour tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , notons i_j le courant sortant de la borne signal numéro j . Selon l'invention, si nous notons i_{C0} ledit courant constant du dit premier terme, si nous notons Y_D l'admittance, à une fréquence f donnée dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, du dit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence et
- 10 si nous notons v_C la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, le courant i_C sortant de ladite borne commune est tel que

$$\text{si } f \neq 0 \quad i_C \approx -\sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} - Y_D v_C \quad (1)$$

$$\text{et si } f = 0 \quad i_C \approx i_{C0} - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} - Y_D v_C \quad (2)$$

- Les spécialistes comprennent comment ils peuvent réaliser un circuit d'équilibrage
- 15 utilisé dans le dispositif d'interface selon l'invention.

- Un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de réception délivrant, quand le circuit de réception est dans l'état activé, p "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, p étant un entier supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , l'entrée du circuit de réception étant couplée à au moins p des dites
- 20 bornes signal et à ladite borne commune, 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.

- Si le dispositif selon l'invention comporte ledit circuit de réception, ce circuit de réception délivre des "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une
- 25 voie de transmission, quand le circuit de réception est dans l'état activé. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit de réception, dans lequel le comportement du circuit de réception est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit de réception n'est nullement une caractéristique de l'invention.

- Pour ledit circuit de réception, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de
- 30 réception" est principalement déterminé par une ou plusieurs des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune. Ceci doit être interprété dans un sens large, comme : chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est principalement déterminé, à chaque instant, par l'histoire, jusqu'au dit instant, d'une ou plusieurs des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune. Par conséquent, le spécialiste comprend que,
- 35 selon l'invention, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" peut être

principalement déterminé par une combinaison linéaire de “tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune filtrées”, chacune des dites “tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune filtrées” étant le résultat de l’application d’un filtrage linéaire à une des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.

5 Chacune des dites “tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune filtrées” peut être pratiquement égale à la tension correspondante entre une des dites bornes signal et ladite borne commune. Par conséquent, selon l’invention, chacun des dits “signaux de sortie du circuit de réception” peut être principalement déterminé par une combinaison linéaire des tensions entre une des dites bornes signal et ladite borne commune.

10 Un dispositif selon l’invention peut être tel que ledit circuit d’équilibrage, ledit circuit d’émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l’invention comporte un circuit de réception) sont tous deux à deux sans parties communes. Par conséquent, un dispositif selon l’invention peut être tel que ledit circuit d’équilibrage n’a pas de partie commune avec ledit circuit d’émission. Inversement, un dispositif d’interface selon l’invention peut être tel que
15 ledit circuit d’équilibrage, ledit circuit d’émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l’invention comporte un circuit de réception) ne sont pas tous deux à deux sans parties communes. Cette possibilité sera discutée ci-dessous, dans la présentation du quatrième mode de réalisation de l’invention. En particulier, un dispositif selon l’invention peut être tel que ledit circuit d’équilibrage a au moins une partie commune avec ledit circuit d’émission.

20 Même dans le cas d’un dispositif selon l’invention dans lequel ledit circuit d’équilibrage, ledit circuit d’émission et ledit circuit de réception (si le dispositif selon l’invention comporte un circuit de réception) ne sont pas tous deux à deux sans parties communes, le spécialiste comprend que les fonctions du circuit d’équilibrage, du circuit d’émission et du circuit de réception (si le dispositif selon l’invention comporte un circuit de
25 réception) sont distinctes. La définition d’un dispositif selon l’invention, cette définition étant basée sur la présence d’un circuit d’équilibrage, d’un circuit d’émission et éventuellement d’un circuit de réception, doit donc être interprétée comme une définition relative à des fonctions.

Ladite interconnexion ayant m conducteurs de transmission peut être réalisée avec un câble. Ladite interconnexion peut aussi être réalisée sans câble, par exemple une
30 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.

Les explications qui seront fournies plus bas pour les modes de réalisation de
35 l’invention montrent qu’un dispositif selon l’invention peut être tel qu’il ne comporte pas de transformateur. Cette caractéristique est essentielle pour réaliser un dispositif selon l’invention à l’intérieur d’un circuit intégré. Un dispositif selon l’invention peut être tel qu’il constitue une

partie d'un circuit intégré, ladite interconnexion étant réalisée à l'intérieur du dit circuit intégré. Dans ce cas, il est possible que les dites m bornes signal et/ou ladite borne commune ne soient pas couplées à des broches du dit circuit intégré.

Un dispositif selon l'invention peut être tel qu'il constitue une partie d'un circuit
 5 intégré, chacune des dites m bornes signal étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré, ladite borne commune étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré. Cette configuration convient lorsque ladite interconnexion est réalisée à l'extérieur du dit circuit intégré. Le spécialiste note que s'il y a de nombreuses bornes signal, par exemple plus de 16 bornes signal, la valeur absolue du courant pouvant circuler dans la borne commune
 10 peut devenir beaucoup plus grande que la valeur absolue maximale du courant circulant dans une seule borne signal. Par conséquent, dans ce cas, si une seule broche est attribuée à la borne commune, une dégradation de la transmission peut se produire pour des signaux rapides, à cause de l'inductance d'une connexion utilisant une seule broche. Dans ce cas, utiliser plusieurs broches pour la borne commune réduit cette inductance et améliore la transmission.

Un dispositif selon l'invention peut comporter un dispositif de terminaison tel qu'un
 15 des circuits de terminaison décrits dans ladite demande de brevet français numéro 08/03876. Par conséquent, un dispositif selon l'invention peut comporter un circuit de terminaison couplé à chacune des dites bornes signal et à ladite borne commune, le circuit de terminaison étant, quand le circuit de terminaison est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour
 20 lesdites bornes signal et ladite borne commune, à un réseau à $m + 1$ bornes tel que, en au moins un point de repos, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit réseau à $m + 1$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre m non diagonale recherchée.

Dans cette définition d'un circuit de terminaison, il est possible que ledit réseau à $m + 1$
 25 bornes puisse être considéré comme linéaire. Par conséquent, selon l'invention, ledit circuit de terminaison dans l'état activé peut être, pour lesdites bornes signal et ladite borne commune, approximativement équivalent à un réseau linéaire à $m + 1$ bornes tel que, dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit réseau linéaire à $m + 1$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre
 30 m non diagonale recherchée. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit de terminaison, dans lequel le comportement du circuit de terminaison est différent de celui défini ci-dessus. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit de terminaison n'est nullement une caractéristique de l'invention.

Un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit de terminaison
 35 est constitué d'un réseau de résistances, m des dites résistances étant connectées entre une des dites bornes signal et ladite borne commune, au moins une des dites résistances étant connectée entre deux des dites bornes signal.

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 le circuit de terminaison, peuvent choisir de ne permettre au circuit de terminaison d'être efficace que dans un intervalle de fréquences pertinent, par exemple en incluant des réactances appropriées dans le circuit de terminaison. Selon un deuxième exemple, le circuit 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, ledit circuit de terminaison peut être tel que la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état activé peut être réglée par des moyens électriques.

De façon similaire, ledit circuit d'équilibrage peut être tel que l'admittance Y_D du dit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence peut être réglée par des moyens électriques.

Dans le cas où le circuit 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, ledit circuit de terminaison peut être tel que ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état activé étant différente de la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune, du dit circuit de terminaison dans l'état désactivé.

Dans le cas où le circuit 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 le circuit de terminaison est dans l'état activé, et être dans l'état ouvert quand le circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Par conséquent, ledit circuit de terminaison peut être tel que ledit circuit de terminaison a un état activé et un état désactivé, chaque courant circulant depuis ledit circuit de terminaison vers une des dites bornes signal étant pratiquement nul lorsque ledit circuit de terminaison est dans l'état désactivé. Les concepteurs, en vue de réduire la puissance dissipée par le circuit de terminaison, peuvent choisir de mettre un tel circuit de terminaison dans l'état désactivé quand ledit circuit d'émission est dans l'état activé.

Un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit de terminaison n'a pas de partie commune avec ledit circuit d'équilibrage et/ou avec ledit circuit d'émission et/ou, si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception, avec ledit circuit de réception. Inversement, un dispositif d'interface selon l'invention peut être tel que ledit circuit

de terminaison a une ou plusieurs parties communes avec ledit circuit d'équilibrage et/ou avec ledit circuit d'émission et/ou, si le dispositif selon l'invention comporte un circuit de réception, avec ledit circuit de réception.

5 Selon l'invention, le nombre m de bornes signal peut être égal au nombre q de "signaux d'entrée du circuit d'émission".

Si le dispositif selon l'invention comporte ledit circuit de réception, le nombre m de bornes signal peut être égal au nombre p de "signaux de sortie du circuit de réception".

Un dispositif d'interface selon l'invention peut en particulier être tel que m soit supérieur ou égal à trois.

10 Selon l'invention, les q "signaux d'entrée du circuit d'émission" peuvent par exemple être appliqués au circuit d'émission en utilisant q liaisons unifilaires. Selon l'invention, les q "signaux d'entrée du circuit d'émission" peuvent par exemple être appliqués au circuit d'émission en utilisant q liaisons différentielles. Selon l'invention, les p "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant p liaisons unifilaires. Selon
15 l'invention, les p "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant p liaisons différentielles.

Selon l'invention, le circuit d'émission et/ou le circuit 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
20 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
25 l'invention, en utilisant une égalisation réduisant les effets des distorsions dues à la propagation, ladite égalisation étant mise en oeuvre dans ledit circuit d'émission et/ou dans ledit circuit 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
30 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 système de transmission 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 représente un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 montre un réseau équivalent pour les bornes signal et la borne commune dans un premier mode de réalisation de l'invention ;
- 10 - la figure 4 représente une utilisation du premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 représente un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 représente un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- 15 - la figure 7 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans un quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 représente un circuit d'émission et un circuit d'équilibrage utilisés dans un cinquième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 9 représente un sixième mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - la figure 10 représente un septième mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 2 un dispositif
25 d'interface selon l'invention réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré, comportant $m = 4$ bornes signal (101) et une borne commune (100), les bornes signal (101) et la borne commune (100) étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant $m = 4$ conducteurs de transmission.

Un circuit d'émission (5) reçoit $q = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" provenant d'une source (2), la sortie du circuit d'émission étant couplée aux $q = 4$ bornes
30 signal (101). La sortie du circuit d'émission (5) délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, $q = 4$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des dites bornes signal (101), chaque variable de transmission étant

principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits “signaux d’entrée du circuit d’émission”, au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu’au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Lorsque le circuit d’émission (5) n’est pas dans l’état activé, sa sortie présente une haute
 5 impédance, de sorte que le circuit d’émission (5) ne produit pas de variables de transmission et ne cause qu’un courant négligeable à travers les bornes signal (101) et la borne commune (100).

Les spécialistes connaissent plusieurs méthodes adaptées à produire un état haute impédance à la sortie du circuit d’émission (5). La possibilité de contrôler l’état activé d’un
 10 circuit d’émission et/ou d’un circuit de réception est habituellement utilisée dans les architectures en bus de données. Nous notons que les circuits nécessaires pour contrôler l’état activé du circuit d’émission (5) à un instant donné ne sont pas représentés sur la figure 2. Nous notons aussi que les lignes d’adresse et/ou de contrôle nécessaires pour coordonner l’état activé du circuit d’émission (5) avec le fonctionnement des autres entités connectées à un tel bus ne
 15 sont pas représentées sur la figure 2.

Le circuit d’équilibrage (9) est tel que, lorsque le circuit d’émission est dans l’état activé, le courant i_c sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{c0} , le deuxième terme étant l’opposé $-(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$ de la somme des courants i_1, i_2, i_3 et i_4 sortant des bornes signal (101) et le troisième terme
 20 étant le courant qui sortirait d’un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence du circuit intégré. Dans le cas où la tension v_c entre la borne commune et ledit noeud de référence est sinusoïdale, le troisième terme est le courant $-v_c Y_D$ qui sortirait du dipôle linéaire passif d’admittance Y_D . Nous retrouvons ici les équations (1) et (2).

Une interconnexion couplée aux bornes signal (101) et à la borne commune (100) voit un élément de circuit ayant $m + 2 = 6$ bornes si nous incluons la borne de référence (masse). La figure 3 montre un réseau équivalent de l’élément de circuit à $m + 2$ bornes vu par l’interconnexion lorsque le circuit d’émission est dans l’état activé, dans une mise en oeuvre idéale. Les spécialistes comprennent qu’un tel réseau équivalent permet seulement de
 30 déterminer les tensions entre ces $m + 2$ bornes et les courants sortant de ces bornes. Sur la figure 3, on trouve un circuit isolé (81) ayant exactement $m + 1$ bornes, un dipôle linéaire passif (82) d’admittance Y_D et une source de courant (83) fournissant le courant constant i_{c0} . Le circuit isolé (81) n’est pas nécessairement linéaire. L’admittance du dipôle linéaire passif (82) peut dépendre de la fréquence. Le circuit isolé (81) ayant exactement $m + 1$ bornes, le
 35 courant sortant de sa borne connectée à la borne commune (100) est exactement $-(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$. Par conséquent, le circuit de la figure 3 satisfait aux équations (1) et (2). Nous notons que la source de courant (83) de la figure 3 ne correspond pas au circuit d’équilibrage (9) de la

figure 2 : la source de courant (83) de la figure 3 n'est qu'un élément de circuit du schéma équivalent de l'élément de circuit à $m + 2$ bornes vu par l'interconnexion, dans une mise en oeuvre idéale.

Le spécialiste comprend que, dans une mise en oeuvre réelle, il est possible que le
5 courant sortant de la borne commune (100) ne corresponde pas exactement à ladite somme de trois termes. Le schéma équivalent de la figure 3 n'est donc qu'une approximation.

Le spécialiste comprend comment il peut, en utilisant des techniques antérieures,
concevoir un circuit d'émission (5) délivrant des variables de transmission quand le circuit
d'émission est dans l'état activé, chaque variable de transmission étant un courant sortant
10 d'une des dites bornes signal (101), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Des exemples de circuits d'émission convenables pour délivrer de telles variables de transmission seront
15 donnés dans les présentations des quatrième, cinquième, sixième et septième modes de réalisation.

La figure 4 montre une utilisation d'un dispositif selon l'invention, cette utilisation comportant une interconnexion (1) ayant $m = 4$ conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et un conducteur de référence (7), c'est-à-dire un conducteur de masse. Toutes les entités
20 montrées sur la figure 4 appartiennent à la même carte électronique et le conducteur de référence (7) est un plan de masse du circuit imprimé de cette carte électronique. Les dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) sont des pistes réalisées dans le circuit imprimé. Comme dit plus haut, le dispositif d'interface selon l'invention comportant le circuit d'émission (5) et le circuit d'équilibrage (9) est réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré (569)
25 qui comporte aussi la source (2). Le circuit intégré (569) est alimenté à travers au moins une broche (5691) connectée au dit plan de masse et au moins une broche (5692) connectée à un plan d'alimentation du circuit imprimé.

Le noeud de borne commune du circuit d'équilibrage (9) du dispositif selon l'invention n'est pas mis à la masse à l'intérieur du dit circuit intégré (569). Ainsi, la borne commune
30 (100) du dispositif selon l'invention n'est pas mise à la masse à l'intérieur du dispositif selon l'invention. Les bornes signal (101) du dispositif selon l'invention sont connectées aux conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1) et la borne commune (100) du dispositif selon l'invention est connectée au dit conducteur de référence (7). Ainsi, la borne commune (100) du dispositif selon l'invention est mise à la masse à l'extérieur du
35 dispositif selon l'invention.

Dans la figure 4, un circuit de terminaison (4) et un circuit de réception (6) sont disposés à l'extrémité éloignée de l'interconnexion. Ce circuit de terminaison (4) et ce circuit

de réception (6) ne font pas partie du dispositif selon l'invention. Les 5 bornes du circuit de terminaison (4) et les 5 bornes d'entrée du circuit de réception (6) sont connectées aux conducteurs de l'interconnexion (1), un de ces conducteurs étant la masse. L'utilisation montrée sur la figure 4 procure 4 voies de transmission, les signaux des 4 voies de la source (2) étant transmis aux 4 voies du destinataire (3) connecté au circuit de réception (6).

Dans la figure 4, le circuit de réception (6) et le circuit de terminaison (4) sont conçus comme expliqué dans ledit brevet français numéro 0300064, la demande internationale correspondante et ledit article intitulé "A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections". Le circuit d'émission (5) combine les "signaux d'entrée du circuit d'émission" suivant des combinaisons linéaires définies par une matrice de passage des variables électriques naturelles aux variables électriques modales, de façon à obtenir, à la sortie du circuit d'émission (5), la génération de variables électriques modales, chacune des dites variables électriques modales étant proportionnelle à un et un seul des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission". Le spécialiste comprend que les dites variables électriques naturelles et les dites variables électriques modales concernent une ligne de transmission multiconductrice à $m + 1$ conducteurs utilisée pour modéliser l'interconnexion (1).

Dans la figure 4, les variables de transmission associées à la génération des variables électriques modales sont des courants sortant des bornes signal (101). Si le procédé de transmission de l'état de l'art antérieur décrit dans ledit brevet français numéro 0300064, la demande internationale correspondante et ledit article intitulé "A New Method for the Reduction of Crosstalk and Echo in Multiconductor Interconnections" avait été directement utilisé, le courant de retour produit par les courants sortant des bornes signal (101) aurait circulé depuis le conducteur de référence (7) jusqu'aux conducteurs de masse internes du dit circuit intégré (569), en passant par ladite au moins une broche (5691) connectée au dit plan de masse. Par conséquent, le fonctionnement du circuit d'émission (5) aurait produit de la diaphonie externe, puisque les variations du courant de retour circulant dans ladite au moins une broche (5691) connectée au dit plan de masse auraient induit des tensions de bruit dans d'autres circuits du dit circuit intégré (569). Le spécialiste comprend que le dispositif selon l'invention procure une protection contre cette cause de diaphonie externe, parce que le courant de retour produit par les courants sortant des bornes signal (101) circule dans la connexion entre la borne commune (100) et le conducteur de référence (7) et n'utilise pas ladite au moins une broche (5691) connectée au dit plan de masse.

Ainsi, l'utilisation montrée sur la figure 4 procure une réduction de la diaphonie externe, en plus de la réduction de la diaphonie interne et de l'écho inhérente à l'invention décrite dans ledit brevet français numéro 0300064 et la demande internationale correspondante.

Deuxième mode de réalisation.

Au titre d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 5 un dispositif d'interface selon l'invention réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré, comportant
 5 $m = 4$ bornes signal (101) et une borne commune (100), les bornes signal (101) et la borne commune (100) étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant $m = 4$ conducteurs de transmission.

Un circuit d'émission (5) reçoit $q = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" provenant d'une source (2), la sortie du circuit d'émission étant couplée aux $q = 4$ bornes
 10 signal (101) et à la borne commune (100). La sortie du circuit d'émission (5) délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, $q = 4$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons
 15 linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Lorsque le circuit d'émission (5) n'est pas dans l'état activé, sa sortie présente une haute impédance, de sorte que le circuit d'émission (5) ne produit pas de variables de transmission et ne cause qu'un courant négligeable à travers les bornes signal (101) et la borne commune (100).

20 Un circuit de réception (6) délivre, quand le circuit de réception est dans l'état activé, $p = 4$ "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, l'entrée du circuit de réception étant couplée aux 4 bornes signal (101) et à la borne commune (100), chacun des "signaux de sortie du circuit de réception" étant déterminé par une combinaison linéaire des tensions entre une des dites bornes signal (101) et ladite
 25 borne commune (100). Les "signaux de sortie du circuit de réception" sont délivrés au destinataire (3). Lorsque le circuit de réception (6) n'est pas dans l'état activé, sa sortie présente une haute impédance, de sorte que le circuit de réception (6) ne délivre pas de "signal de sortie du circuit de réception".

Les spécialistes connaissent plusieurs méthodes adaptées à produire un état haute
 30 impédance à la sortie du circuit d'émission (5) et à la sortie du circuit de réception (6). La possibilité de contrôler l'état activé d'un circuit d'émission et/ou d'un circuit de réception est habituellement utilisée dans les architectures en bus de données. Nous notons que les circuits nécessaires pour contrôler l'état activé du circuit d'émission (5) et du circuit de réception (6) à un instant donné ne sont pas représentés sur la figure 5. Nous notons aussi que les lignes
 35 d'adresse et/ou de contrôle nécessaires pour coordonner l'état activé du circuit d'émission (5) et du circuit de réception (6) avec le fonctionnement des autres entités connectées à un tel bus

ne sont pas représentées sur la figure 5.

Le circuit d'équilibrage (9) est tel que, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant i_C sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{C0} , le deuxième terme étant l'opposé $-(i_1 + i_2 + i_3 +$
 5 $i_4)$ de la somme des courants i_1 , i_2 , i_3 et i_4 sortant des bornes signal (101) et le troisième terme étant le courant qui sortirait d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence du circuit intégré.

Une interconnexion couplée aux bornes signal (101) et à la borne commune (100) voit un élément de circuit ayant $m + 2 = 6$ bornes si nous incluons la borne de référence (masse),
 10 et le réseau équivalent de la figure 3 est aussi applicable à ce deuxième mode de réalisation : il montre l'élément de circuit à $m + 2$ bornes vu par l'interconnexion lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, dans une mise en oeuvre idéale. Ici aussi, le schéma équivalent de la figure 3 n'est qu'une approximation.

Le spécialiste comprend comment il peut, en utilisant des techniques antérieures,
 15 concevoir un circuit d'émission (5) délivrant des variables de transmission quand le circuit d'émission est dans l'état activé, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux
 20 des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Un exemple de circuit d'émission convenable pour délivrer de telles variables de transmission sera donné dans la présentation du troisième mode de réalisation.

Le spécialiste comprend qu'un récepteur pour signaux pseudo-différentiels de l'état de l'art antérieur peut être utilisé comme circuit de réception (6) délivrant des "signaux de sortie
 25 du circuit de réception" quand le circuit de réception est dans l'état activé, chacun des "signaux de sortie du circuit de réception" étant déterminé par une combinaison linéaire des tensions entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100). Par exemple, le circuit de réception (6) peut être similaire à un des circuits de réception décrits dans la demande de brevet français numéro 08/03830 du 7 juillet 2008, intitulée "Circuit de réception pseudo-
 30 différentiel".

Troisième mode de réalisation.

Au titre d'un troisième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 6 un dispositif d'interface selon l'invention comportant $m = 4$ bornes signal (101) et une borne commune
 35 (100), les bornes signal (101) et la borne commune (100) étant destinées à être connectées à

une interconnexion ayant $m = 4$ conducteurs de transmission.

Un circuit d'émission (5) comporte un transmetteur de ligne (51) et un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52). Le circuit d'émission (5) reçoit $q = 4$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" provenant d'une source (2), la sortie du circuit d'émission étant
 5 couplée aux 4 bornes signal (101) et à la borne commune (100). Ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52) a q entrées et m sorties, et chacune des m entrées du transmetteur de ligne (51) est connectée à une des m sorties de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52).

Le transmetteur de ligne (51) et le circuit d'équilibrage (9) forment un dispositif
 10 d'interface décrit dans la demande de brevet français numéro 07/04889 du 6 juillet 2007 intitulée "Dispositif d'interface pseudo-différentiel avec circuit d'équilibrage", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2008/051942 du 16 mai 2008, intitulée "Pseudo-differential interfacing device having a balancing circuit" qui délivre, quand il est dans l'état activé, $m = 4$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre
 15 une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par un et un seul des signaux de sortie du dit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52).

Chaque signal de sortie du dit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52) est principalement déterminé par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit
 20 d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Par exemple ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52) peut être similaire à un des circuits d'émission décrits dans ledit brevet français numéro 0300064 et la demande internationale correspondante, par exemple un des circuits d'émission montrés sur les figures
 25 7 et 9 du dit brevet français numéro 0300064 et de la demande internationale correspondante. Par exemple, ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (52) peut être similaire à l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples décrit dans la demande de brevet français numéro 06/00388 du 17 janvier 2006 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples" correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2006/003950 du
 30 19 décembre, intitulée "multiple-input and multiple-output amplifier".

Si ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples reçoit des tensions en entrée et fournit des tensions en sortie, il est caractérisé par une matrice de gain, et le spécialiste comprend qu'une telle matrice de gain peut être réglable par des moyens électriques. Si ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples reçoit des tensions en
 35 entrée et fournit des courants en sortie, il est caractérisé par une matrice admittance de transfert, et le spécialiste comprend qu'une telle matrice admittance de transfert peut être réglable par des moyens électriques. Par conséquent, selon l'invention, ledit circuit d'émission

peut être tel qu'au moins un des dits coefficients des dites combinaisons linéaires peut être réglé par des moyens électriques.

Le spécialiste comprend que :

- a) la sortie du circuit d'émission (5) montré sur la figure 6 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, $m = 4$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro ;
- b) le circuit d'équilibrage (9) montré sur la figure 6 est tel que, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant i_c sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{c0} , le deuxième terme étant l'opposé $-(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$ de la somme des courants i_1 , i_2 , i_3 et i_4 sortant des bornes signal (101) et le troisième terme étant le courant sortant d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence.

Ce troisième mode de réalisation convient aux signaux analogiques et numériques. Le dispositif selon l'invention peut utiliser un couplage en courant continu avec l'interconnexion. C'est par exemple le cas si le transmetteur de ligne (51) et le circuit d'équilibrage (9) forment un dispositif d'interface similaire à celui décrit dans le sixième ou le septième mode de réalisation de ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et de la demande internationale correspondante. Le dispositif selon l'invention peut utiliser un couplage en courant alternatif avec l'interconnexion. C'est par exemple le cas si le transmetteur de ligne (51) et le circuit d'équilibrage (9) forment un dispositif d'interface similaire à celui décrit dans le huitième mode de réalisation de ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et de la demande internationale correspondante.

Quatrième mode de réalisation.

Un quatrième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage montrés sur la figure 7, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est une entrée différentielle comportant 2 bornes (571) (572) ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement numérique du signal à entrées multiples et sorties multiples (521) ayant q entrées et m sorties ;
- chacune des $m = 3$ sorties du dit dispositif de traitement numérique du signal à entrées

multiples et sorties multiples (521) correspond à une entrée d'une paire différentielle constituée de deux transistors (514) (915) canal n dont les sources sont polarisées par une source de courant (515) fournissant un courant I pratiquement constant ;

- chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est connectée au drain du premier transistor (514) de

5 chacune des dites paires différentielles et à une source de courant (531) fournissant un courant voisin de $I/2$ et pratiquement constant ;

- la borne commune (100) est connectée aux drains des m seconds transistors (915) des dites paires différentielles et à une résistance (821) connectée à une borne d'alimentation positive.

Le spécialiste comprend que les sources de courant (515) (531) représentées sur la
 10 figure 7 sont des éléments de circuit idéaux qui peuvent être réalisées avec des composants réels, par exemple en utilisant des miroirs de courant. Le spécialiste comprend qu'il est facile de réaliser un circuit contrôlant le paramètre I déterminant le courant fourni par les sources de courant (515) (531), et qu'un signal de contrôle "enable" peut assigner à ce paramètre une valeur voisine de zéro. Dans ce cas, le circuit d'émission représenté sur la figure 7 n'est pas
 15 dans l'état activé et sa sortie présente une haute impédance.

Notons que les sources de courant (515) fournissant un courant I pratiquement constant ont une borne connectée à la masse, le symbole de masse utilisé dans la figure 7 et dans les figures suivantes ayant exactement la même signification que l'autre symbole de masse utilisé dans les figures 1 à 6.

20 Chaque signal de sortie du dispositif de traitement numérique du signal à entrées multiples et sorties multiples (521) est principalement déterminé par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Par exemple, ledit dispositif de traitement
 25 numérique du signal à entrées multiples et sorties multiples (521) peut être similaire à un des circuits d'émission décrits dans ledit brevet français numéro 0302814 et la demande internationale correspondante, par exemple le circuit d'émission montré dans la figure 2 du dit brevet français numéro 0302814 et de la demande internationale correspondante dans le cas où les "signaux d'entrée du circuit d'émission" sont des signaux numériques, ou le circuit
 30 d'émission montré dans la figure 4 du dit brevet français numéro 0302814 et de la demande internationale correspondante dans le cas où les "signaux d'entrée du circuit d'émission" sont des signaux analogiques.

Dans la figure 7, nous considérons que le circuit d'équilibrage est constitué des q seconds transistors (915) des dites paires différentielles et de la résistance (821) connectée à
 35 une borne d'alimentation, le circuit d'émission étant composé des autres composants montrés sur la figure 7. Par conséquent, le spécialiste comprend que :

a) la sortie du circuit d'émission montré sur la figure 7 délivre, quand le circuit d'émission est

dans l'état activé, $m = 3$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des dites bornes signal (101), chaque variable de transmission étant principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro ;
 5 b) le circuit d'équilibrage montré sur la figure 7 est tel que, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant i_c sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{c0} , le deuxième terme étant l'opposé $-(i_1 + i_2 + i_3)$ de la somme des courants i_1 , i_2 et i_3 sortant des bornes signal (101) et le troisième
 10 terme étant le courant sortant d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence.

Plus précisément, le spécialiste voit que, pour une polarisation convenable des bornes signal (101) et de la borne commune (100), les circuits représentés sur la figure 7 sont tels que les courants sortant des m bornes signal (101) et de la borne commune (100) satisfont

$$15 \quad i_c \approx -\frac{qI}{2} - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} + \frac{V_{CC} - v_C}{R_D} \quad (3)$$

où V_{CC} est la tension entre ladite borne d'alimentation et la borne de référence et où R_D est la valeur de la résistance (821). Cette équation est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour

$$i_{c0} \approx \frac{V_{CC}}{R_D} - \frac{qI}{2} \quad (4)$$

20 et pour $Y_D = 1/R_D$.

Il est possible de considérer que les circuits représentés sur la figure 7 sont constitués d'un dispositif de traitement numérique du signal à entrées multiples et sorties multiples (521) et d'un dispositif d'interface décrit dans ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et la demande internationale correspondante. Le spécialiste note aussi que, dans la figure 7,
 25 tous les transistors, toutes les sources de courant et la résistance contribuent à la fonction du circuit d'émission et à la fonction du circuit d'équilibrage. Par conséquent, la décision de répartir les composants entre des composants n'appartenant qu'au circuit d'émission et des composants n'appartenant qu'au circuit d'équilibrage était arbitraire. Dans le cas de la figure 7, nous aurions aussi pu considérer que le circuit d'équilibrage a des parties communes avec
 30 le circuit d'émission.

Finalement, nous notons que, si nous supposons que des MOSFET à enrichissement sont utilisés pour réaliser les circuits montrés sur la figure 7, la susdite polarisation convenable des bornes signal (101) et de la borne commune (100) impose que la tension de polarisation entre la borne commune (100) et la masse dépasse environ le double de la tension de seuil des

MOSFET, si nous supposons que les sources de courant (515) fournissant un courant I pratiquement constant peuvent fonctionner avec une tension de sortie supérieure à la tension de seuil des MOSFET. Par conséquent, les circuits montrés sur la figure 7 ne conviennent pas à l'utilisation montrée sur la figure 4.

5 Cinquième mode de réalisation.

Un cinquième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage montrés sur la figure 8, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est du type entrée unifilaire ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) est connectée à une entrée d'un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (522) ayant q entrées et m sorties ;
- chacune des $m = 3$ sorties du dit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (522) correspond à une entrée d'une paire différentielle constituée de deux transistors (516) (916) canal p dont les sources sont polarisées par une source de courant (515) fournissant un courant I pratiquement constant ;
- chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est connectée au drain du premier transistor (516) de chacune des dites paires différentielles et à une source de courant (531) fournissant un courant voisin de $I/2$ et pratiquement constant ;
- la borne commune (100) est connectée aux drains des m seconds transistors (916) des dites paires différentielles et à une résistance (822) connectée à la masse.

Comme dans la figure 7, les sources de courant (515) (531) représentées sur la figure 8 sont des éléments de circuit idéaux qui peuvent être réalisées avec des composants réels, par exemple en utilisant des miroirs de courant, et il est facile de réaliser un circuit contrôlant le paramètre I déterminant le courant fourni par les sources de courant (515) (531).

Chaque signal de sortie de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (522) est une tension approximativement égale à une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro. Par exemple, ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples (522) peut comporter un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples décrit dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388 et ladite demande internationale correspondante.

Dans la figure 8, nous pouvons considérer que le circuit d'équilibrage est constitué des q seconds transistors (916) des dites paires différentielles et de la résistance (822) connectée à la masse, le circuit d'émission étant composé des autres composants montrés sur la figure 8.

Par conséquent, le spécialiste comprend que :

- a) la sortie du circuit d'émission montré sur la figure 8 délivre, quand le circuit d'émission est dans l'état activé, $m = 3$ variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des dites bornes signal (101), chaque variable de transmission étant
 5 principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro ;
 b) le circuit d'équilibrage montré sur la figure 8 est tel que, lorsque le circuit d'émission est dans l'état activé, le courant i_C sortant de la borne commune (100) est voisin de la somme de
 10 trois termes, le premier terme étant un courant constant i_{C0} , le deuxième terme étant l'opposé $-(i_1 + i_2 + i_3)$ de la somme des courants i_1 , i_2 et i_3 sortant des bornes signal (101) et le troisième terme étant le courant sortant d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre la borne commune et un noeud de référence.

- Plus précisément, le spécialiste voit que, pour une polarisation convenable des bornes
 15 signal (101) et de la borne commune (100), les circuits représentés sur la figure 8 sont tels que les courants sortant des m bornes signal (101) et de la borne commune (100) satisfont

$$i_C \approx \frac{qI}{2} - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} - \frac{v_C}{R_D} \quad (5)$$

où R_D est la valeur de la résistance (822). Cette équation est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour

$$20 \quad i_{C0} \approx \frac{qI}{2} \quad (6)$$

et pour $Y_D = 1/R_D$.

Il est possible de considérer que les circuits représentés sur la figure 8, comme les circuits représentés sur la figure 7, comportent un dispositif d'interface décrit dans ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et la demande internationale correspondante.

- 25 Finalement, nous notons que, si nous supposons que des MOSFET à enrichissement sont utilisés pour réaliser les circuits montrés sur la figure 8, la susdite polarisation convenable des bornes signal (101) et de la borne commune (100) est compatible avec l'utilisation montrée sur la figure 4.

Sixième mode de réalisation.

- 30 Un sixième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage montrés sur la figure 9, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui

est du type entrée unifilaire ;

- chacune des $q = 3$ entrées (57) est couplée à l'entrée d'une cellule à trois transistors constituée d'un transistor d'entrée (511) et d'un miroir de courant comportant deux transistors (512) (513) ;
- 5 - chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est couplée au drain du transistor de sortie (513) du miroir de courant d'une des dites cellules à trois transistors ;
- la source du transistor d'entrée (511) de chaque cellule à trois transistors est connectée à un réseau de rétroaction constitué de cinq résistances (551) (552) (553) (554) (555) ;
- le circuit d'émission est constitué des trois cellules à trois transistors et du réseau de rétroaction, donc de 9 transistors (511) (512) (513) et de 5 résistances (551) (552) (553) (554) (555) ;
- 10 - un miroir de courant connecté au noeud d'alimentation (V_{cc}) comporte deux transistors (911) (912) ;
- trois résistances (551) (552) (553) du réseau de rétroaction ont un noeud commun connecté à l'entrée du dit miroir de courant connecté au noeud d'alimentation, les autres résistances (554) (555) du réseau de rétroaction étant appelées "résistances de couplage" ;
- la borne commune (100) est connectée au drain du transistor de sortie (911) du dit miroir de courant connecté au noeud d'alimentation ;
- le circuit d'équilibrage est constitué du dit miroir de courant connecté au noeud d'alimentation, donc de deux transistors (911) (912).
- 20

Le circuit d'émission montré sur la figure 9 délivre, quand la polarisation des entrées (57) est convenable, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des bornes signal (101), chaque variable de transmission étant approximativement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", chacune des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite chacune des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro à cause du couplage introduit par les dites résistances de couplage (554) (555) et par l'impédance d'entrée du miroir de courant connecté au noeud d'alimentation. Le spécialiste comprend qu'appliquer une tension voisine de zéro entre chaque entrée (57) et le noeud d'alimentation (V_{cc}) désactive le circuit d'émission représenté sur la figure 9, et que dans ce cas sa sortie présente une haute impédance.

Le spécialiste voit que les circuits représentés sur la figure 9 peuvent être dimensionnés pour que, pour des polarisations convenables des entrées (57), des bornes signal (101) et de la borne commune (100), le courant sortant de la borne commune (100) soit voisin de l'opposé de la somme des courants sortant des bornes signal (101), c'est-à-dire

$$i_C \approx - \sum_{\alpha=1}^m i_{\alpha} \quad (7)$$

Cette équation approchée est indépendante de la fréquence et est compatible avec les équations (1) et (2), pour $i_{co} = 0$ et pour $Y_D = 0$.

Nous notons que, contrairement aux circuits représentés sur les figures 7 et 8, il n'est pas possible de considérer que les circuits représentés sur la figure 9 comportent un dispositif d'interface décrit dans ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et la demande internationale correspondante.

Septième mode de réalisation.

Un septième mode de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, comporte le circuit d'émission et le circuit d'équilibrage montrés sur la figure 10, dans laquelle :

- chacun des $q = 3$ "signaux d'entrée du circuit d'émission" est appliqué à une entrée (57) qui est du type entrée unifilaire ;
- chacune des $q = 3$ entrées (57) est couplée à l'entrée d'une cellule à trois transistors constituée d'un transistor d'entrée (511) et d'un miroir de courant comportant deux transistors (512) (513) ;
- chacune des $m = 3$ bornes signal (101) est couplée au drain du transistor de sortie (513) du miroir de courant d'une des dites cellules à trois transistors ;
- la source du transistor d'entrée (511) de chaque cellule à trois transistors est connectée à un réseau de rétroaction constitué de cinq résistances (551) (552) (553) (554) (555) ;
- le circuit d'émission est constitué des trois cellules à trois transistors et du réseau de rétroaction, donc de 9 transistors (511) (512) (513) et de 5 résistances (551) (552) (553) (554) (555) ;
- trois miroirs de courant connectés au noeud d'alimentation (V_{cc}) comportent chacun deux transistors (913) (914) ;
- trois résistances (551) (552) (553) du réseau de rétroaction ont un noeud connecté à l'entrée d'un des dits miroirs de courant connectés au noeud d'alimentation, les autres résistances (554) (555) du réseau de rétroaction étant appelées "résistances de couplage" ;
- la borne commune (100) est connectée aux drains des transistors de sortie (914) des dits miroirs de courant connectés au noeud d'alimentation ;
- le circuit d'équilibrage est constitué des dits miroirs de courant connectés au noeud d'alimentation, donc de six transistors (913) (914).

Le circuit d'émission montré sur la figure 10 délivre, quand la polarisation des entrées (57) est convenable, des variables de transmission, chaque variable de transmission étant un courant sortant d'une des bornes signal (101), chaque variable de transmission étant approximativement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du

circuit d'émission", chacune des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite chacune des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro à cause du couplage introduit par les dites résistances de couplage (554) (555). Le spécialiste comprend qu'appliquer une tension voisine de zéro entre chaque entrée (57) et le noeud d'alimentation (Vcc) désactive le circuit d'émission représenté sur la figure 10, et que dans ce cas sa sortie présente une haute impédance.

Le spécialiste voit que les circuits représentés sur la figure 10 peuvent être dimensionnés pour que, pour des polarisations convenables des entrées (57), des bornes signal (101) et de la borne commune (100), l'équation (7) soit applicable. Nous notons que, contrairement aux circuits représentés sur les figures 7 et 8, il n'est pas possible de considérer que les circuits représentés sur la figure 10 comportent un dispositif d'interface décrit dans ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et la demande internationale correspondante.

Le spécialiste comprend que, dans les sixième et septième modes de réalisation de l'invention :

- a) le réseau de rétroaction peut être remplacé par un réseau de rétroaction différent procurant un couplage convenable entre les voies ;
- b) le transistor d'entrée (511) de chaque cellule à trois transistors peut être remplacé par n'importe quel sous-circuit actif convenable, par exemple un des sous-circuits actifs utilisés dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388 et la demande internationale correspondante ;
- c) tous les miroirs de courant peuvent être remplacés par d'autres miroirs de courant convenables.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Le dispositif d'interface selon l'invention est adapté à la transmission entre circuits intégrés dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, la transmission présentant des couplages non voulus réduits. Un dispositif d'interface selon l'invention peut prendre la place d'un circuit d'émission utilisé dans un des dispositifs décrits dans les dits brevets français numéro 0300064, numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes, et fournir de cette façon une réduction de la diaphonie externe. Ceci est par exemple montré dans la discussion de l'utilisation montrée sur la figure 4. Cependant, nous notons que le dispositif d'interface selon l'invention n'est compatible avec aucun procédé connu de transmission pseudo-différentielle, puisque ni l'état de l'art antérieur ni cette demande ne contiennent la description d'un procédé de transmission pseudo-différentielle pouvant utiliser un circuit d'émission recevant des "signaux d'entrée du

circuit d'émission" et délivrant des variables de transmission principalement déterminées par les 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". Par exemple, nous notons que l'utilisation montrée sur la figure 4 ne
5 correspond pas à un procédé de transmission pseudo-différentielle au sens de ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et de la demande internationale correspondante, parce qu'elle utilise une interconnexion qui ne comporte ni un conducteur commun ni un conducteur de retour distinct du conducteur de référence.

Par conséquent, le dispositif d'interface selon l'invention est très différent de
10 l'invention décrite dans ladite demande de brevet français numéro 07/04889 et ladite demande internationale correspondante, qui est destinée à être utilisée dans un procédé de transmission pseudo-différentielle mais qui ne peut pas prendre la place d'un circuit d'émission utilisé dans un des dispositifs décrits dans les dits brevets français numéro 0300064, numéro 0302814 et numéro 0303087 et les demandes internationales correspondantes.

15 Nous notons que, dans les modes de réalisation d'un dispositif d'interface selon l'invention, donnés ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les figures 7, 8, 9 et 10, les composants actifs sont des MOSFET. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention, et les spécialistes comprennent qu'il eût également été possible d'utiliser des transistors bipolaires ou d'autres types de composants actifs. Par conséquent, le dispositif
20 d'interface selon l'invention peut être mis en oeuvre dans des circuits intégrés réalisés en utilisant n'importe quel procédé de fabrication applicable.

L'invention est adaptée à la protection contre le bruit produit par des couplages électromagnétiques non voulus sur des circuits imprimés. Elle est particulièrement bénéfique aux circuits imprimés comportant des circuits analogiques à large bande ou des circuits
25 numériques rapides.

Le dispositif d'interface selon l'invention est particulièrement adapté à la transmission à l'intérieur d'un circuit intégré, car il 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.
30 L'invention est particulièrement adaptée à la signalisation multiniveau, car ce type de procédé de transmission est plus sensible au bruit que la signalisation binaire.

L'invention, en particulier lorsque les variables de transmission utilisées par ledit circuit d'émission sont des courants, est particulièrement adaptée à la signalisation bidirectionnelle simultanée, car ce type de procédé de transmission est plus sensible au bruit
35 que la signalisation unidirectionnelle.

REVENDECATIONS

1. Dispositif pour la transmission de signaux dans une pluralité de voies de transmission, dans une bande de fréquences connue, comportant :

- 5 m bornes signal (101), une borne commune (100) et une borne de référence, les bornes signal (101) étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant m conducteurs de transmission, m étant un entier supérieur ou égal à 2 ;
- un circuit d'émission (5) recevant q "signaux d'entrée du circuit d'émission" correspondant chacun à une voie de transmission, q étant un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur
 10 ou égal à m , la sortie du circuit d'émission (5) étant couplée à chacune des dites bornes signal (101), la sortie du circuit d'émission (5) délivrant, quand le circuit d'émission (5) est dans l'état activé, m variables de transmission, chacune des dites variables de transmission étant soit une tension entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100) soit un courant sortant d'une des dites bornes signal (101),
 15 chacune des dites variables de transmission étant 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" ;
- un circuit d'équilibrage (9) délivrant, lorsque le circuit d'émission (5) est dans l'état activé,
 20 un courant dans ladite borne commune (100), le courant total sortant de ladite borne commune (100) étant, lorsque le circuit d'émission (5) est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal (101) et le
 25 troisième terme étant le courant sortant d'un dipôle passif soumis à la tension entre ladite borne commune (100) et ladite borne de référence.

2. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 1, dans lequel chacune des dites variables de transmission délivrée par ledit circuit d'émission (5) est principalement déterminée par une combinaison linéaire des dits "signaux d'entrée du circuit d'émission", au
 30 moins une des dites combinaisons linéaires étant telle qu'au moins deux des coefficients de ladite au moins une des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro.

3. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 2, dans lequel au moins un des dits coefficients des dites combinaisons linéaires peut être réglé par des moyens électriques.

4. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit courant total sortant de ladite borne commune (100) est, lorsque le circuit d'émission (5) est dans l'état activé, dans au moins une partie de ladite bande de fréquences connue, approximativement égal à une somme de trois termes, le premier terme
- 5 étant un courant constant, le deuxième terme étant l'opposé de la somme des courants sortant des dites bornes signal (101) et le troisième terme étant le courant sortant d'un dipôle linéaire passif soumis à la tension entre ladite borne commune (100) et ladite borne de référence.
5. Dispositif pour la transmission de signaux selon la revendication 4, dans lequel ledit circuit d'équilibrage (9) est tel que l'admittance du dit dipôle linéaire passif soumis à la tension entre
- 10 ladite borne commune (100) et ladite borne de référence peut être réglée par des moyens électriques.
6. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit d'équilibrage (9) a au moins une partie commune avec ledit circuit d'émission (5).
- 15 7. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un circuit de réception (6) délivrant, quand le circuit de réception (6) est dans l'état activé, p "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, p étant un entier supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , l'entrée du circuit de réception (6) étant couplée à au moins p des dites bornes signal (101)
- 20 et à ladite borne commune (100), 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 (101) et ladite borne commune (100).
8. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un circuit de terminaison (4) couplé à chacune des dites
- 25 bornes signal (101) et à ladite borne commune (100), le circuit de terminaison (4) étant, quand le circuit de terminaison (4) est dans l'état activé, approximativement équivalent, pour lesdites bornes signal (101) et ladite borne commune (100), à un réseau à $m + 1$ bornes tel que, en au moins un point de repos, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, la matrice impédance, par rapport à ladite borne commune (100), du dit
- 30 réseau à $m + 1$ bornes est égale à une matrice carrée d'ordre m non diagonale recherchée.

9. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif pour la transmission de signaux constitue une partie d'un circuit intégré, ladite interconnexion étant réalisée à l'intérieur du dit circuit intégré.

5 10. Dispositif pour la transmission de signaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit dispositif pour la transmission de signaux constitue une partie d'un circuit intégré, chacune des dites m bornes signal (101) étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré, ladite borne commune (100) étant couplée à une ou plusieurs broches du dit circuit intégré.

1 / 8

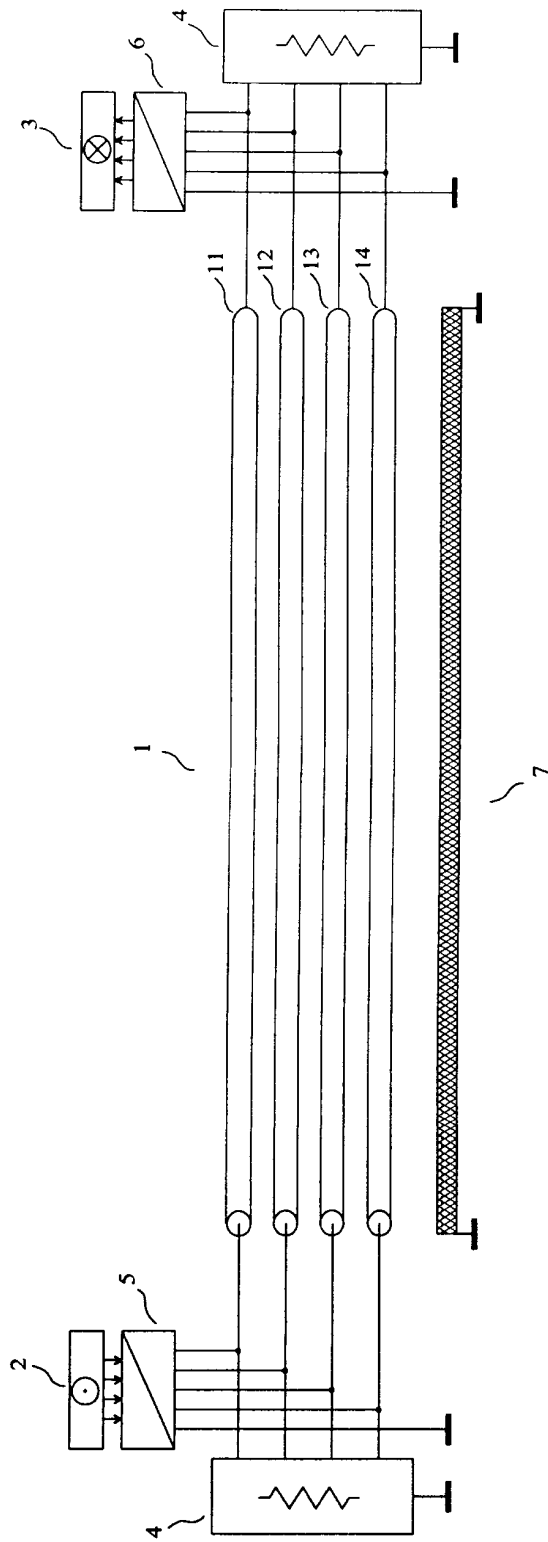


FIG. 1

2 / 8

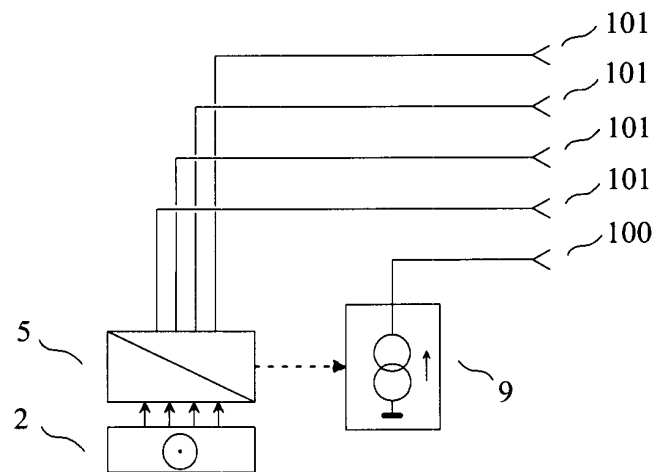


FIG. 2

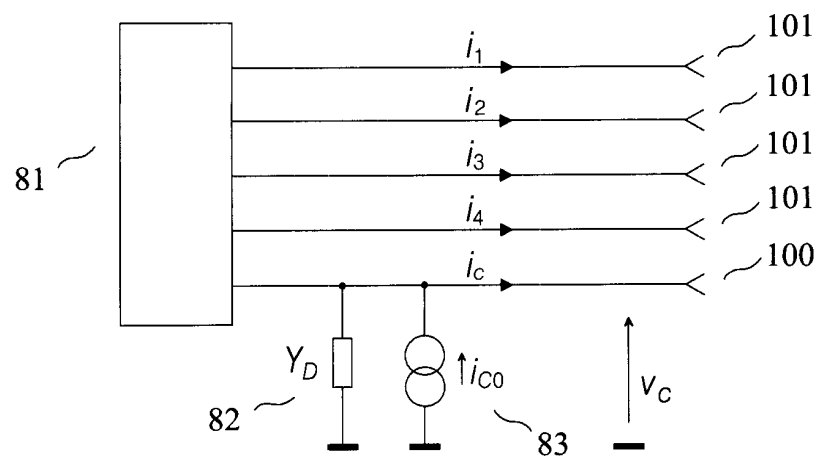


FIG. 3

3 / 8

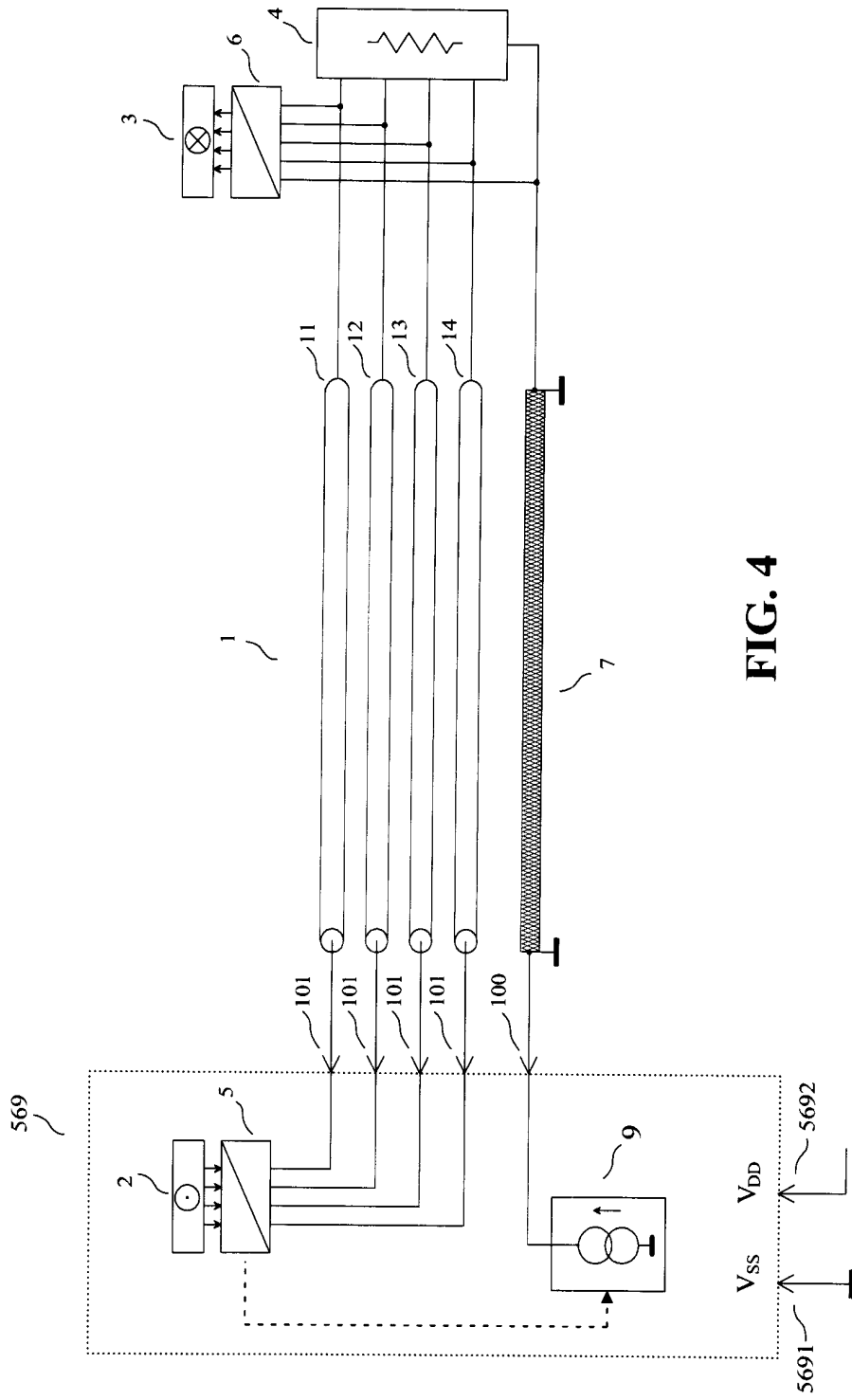
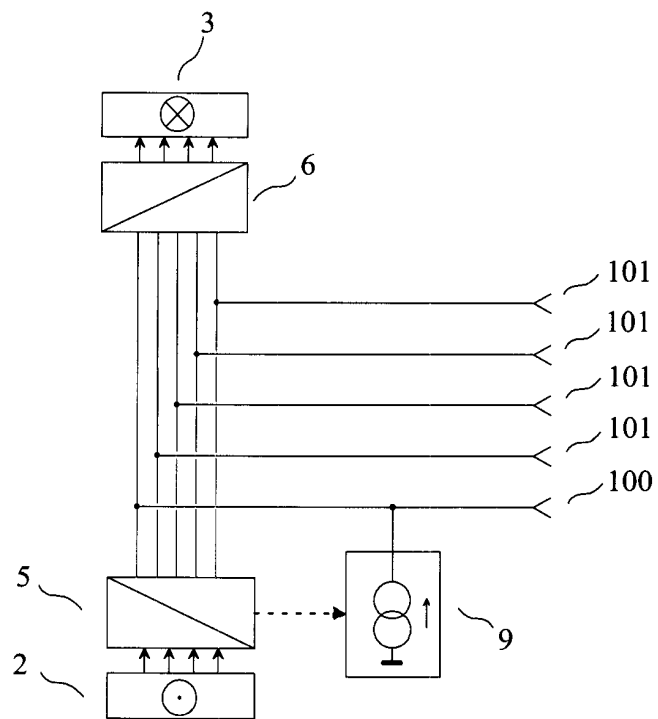
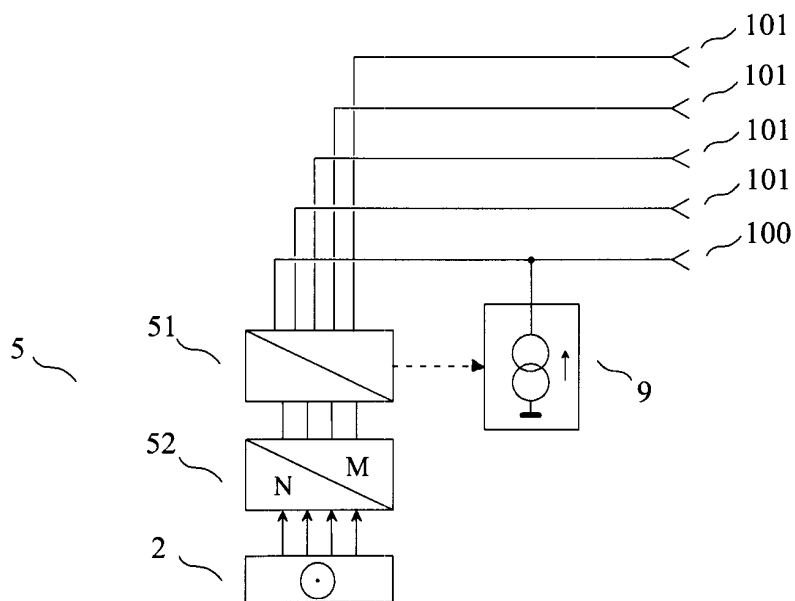


FIG. 4

4 / 8

**FIG. 5****FIG. 6**

5 / 8

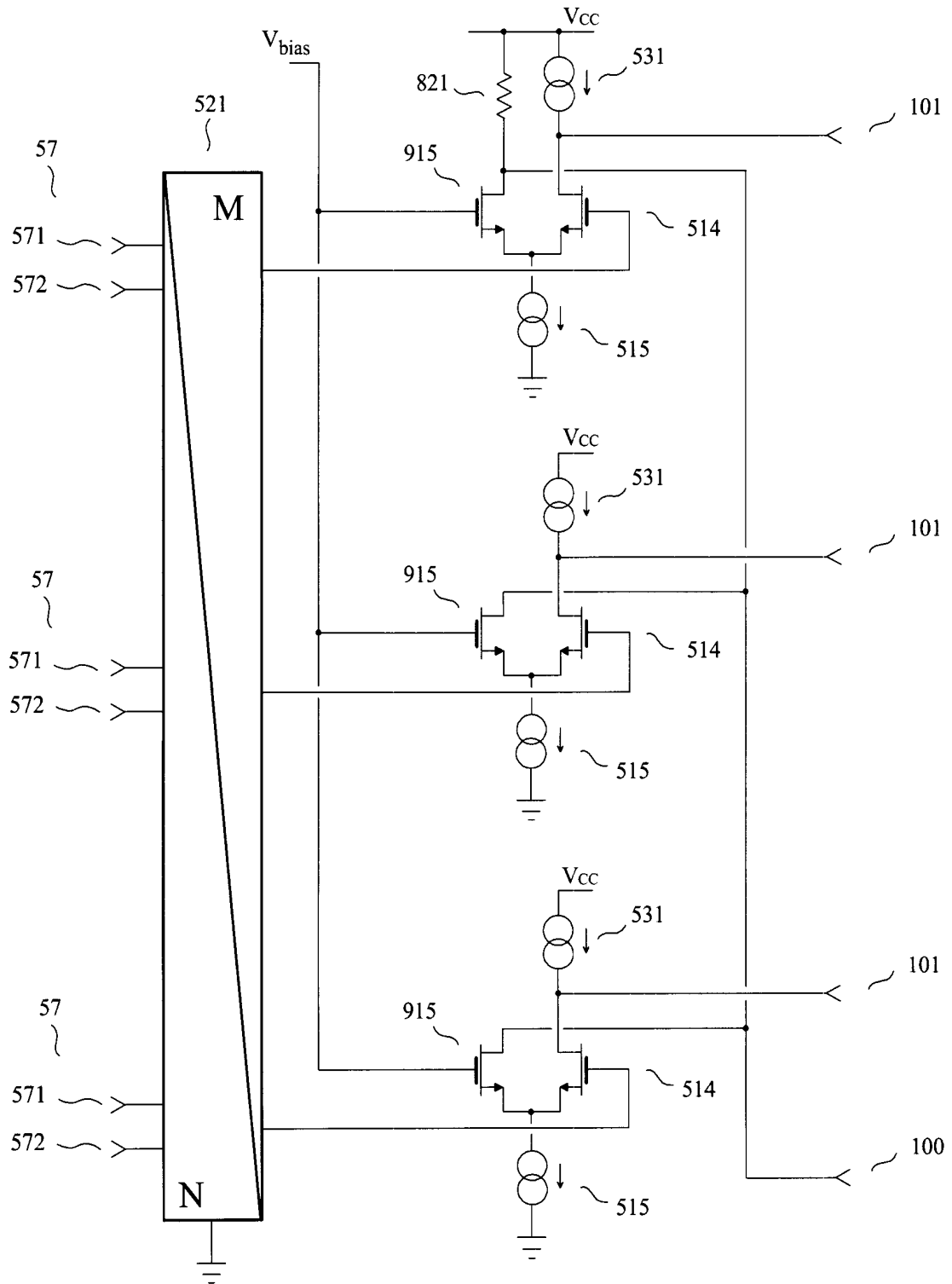


FIG. 7

6 / 8

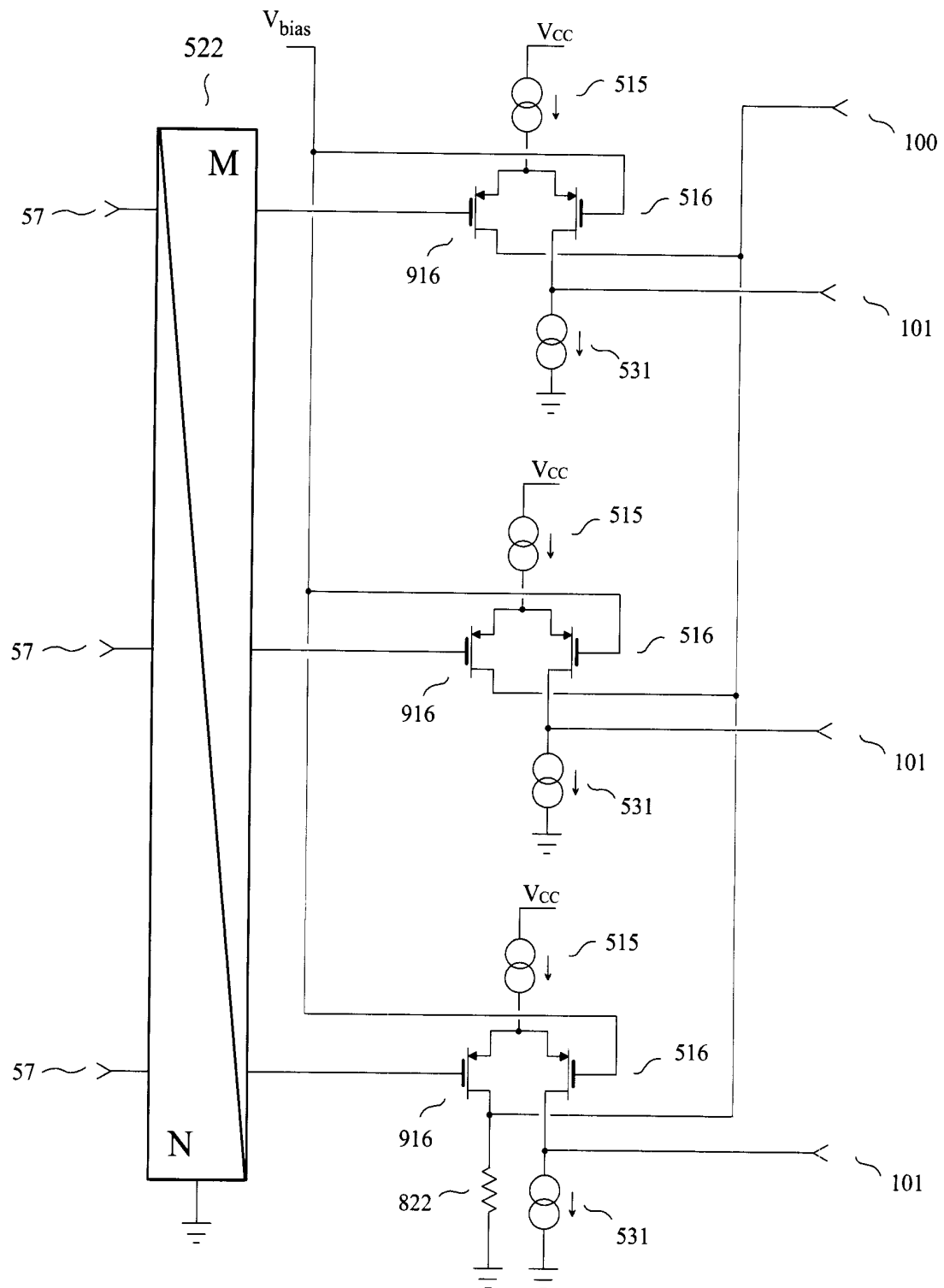


FIG. 8

8 / 8

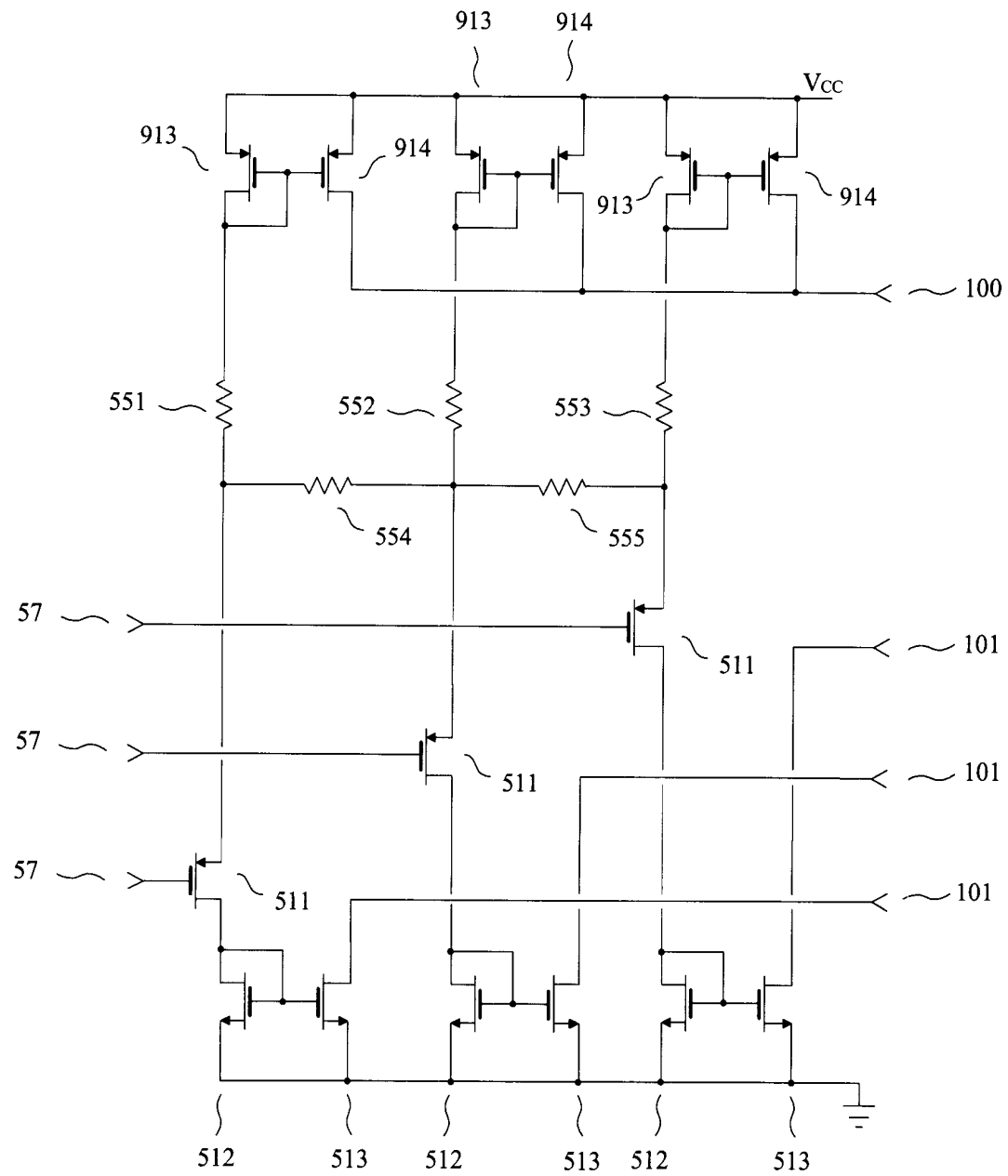


FIG. 10

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

BROYDÉ F ET AL: "A new pseudo-differential transmission scheme for on-chip and on-board interconnections" PROCEEDINGS OF THE CEM 08 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, PARIS, 20 mai 2008 (2008-05-20), XP002499431

FR 2 852 467 A (EXCEM [FR])
17 septembre 2004 (2004-09-17)

SCOTT: "PROPAGATION OVER MULTIPLE PARALLEL TRANSMISSION LINES VIA MODES" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, IBM CORP. NEW YORK, US, vol. 32, no. 11, 1 avril 1990 (1990-04-01), pages 1-06, XP002063555 ISSN: 0018-8689

US 5 638 322 A (LACEY TIMOTHY M [US])
10 juin 1997 (1997-06-10)

US 6 195 395 B1 (FRODSHAM TIM [US])
27 février 2001 (2001-02-27)

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

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