

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

①① N° de publication :

**2 933 556**

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

②① N° d'enregistrement national :

**08 03830**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 04 B 3/00** (2006.01)

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ CIRCUIT DE RECEPTION PSEUDO-DIFFERENTIEL.

②② Date de dépôt : 07.07.08.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 08.01.10 Bulletin 10/01.

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

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

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

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

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

⑦④ Mandataire(s) : EXCEM.

**FR 2 933 556 - B1**



## Circuit de réception pseudo-différentiel.

## DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

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

## ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Considérons le problème de la transmission dans une interconnexion, pour obtenir  $m$  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 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 ;
- 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 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.

La demande de brevet français numéro 07/05260 du 20 juillet 2007 intitulée "Procédé et dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles", correspondant à la demande internationale numéro PCT/IB2008/052102 du 29 mai 2008, intitulée "Method and device for pseudo-differential transmission", décrit un procédé de transmission pseudo-différentiel procurant  $m$  voies de transmission,  $m$  étant un entier supérieur ou égal à 2, dans une

interconnexion ayant  $n$  conducteurs de transmission et un conducteur de retour distinct du conducteur de référence,  $n$  étant un entier supérieur ou égal à  $m$ , l'interconnexion étant structurellement combinée avec le conducteur de référence sur toute la longueur de l'interconnexion. Un dispositif mettant en oeuvre cette méthode est montré sur la figure 1, ce

5 dispositif procurant  $m = 4$  voies de transmission en utilisant une interconnexion (1) ayant  $n = 4$  conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et un conducteur de retour (10) distinct du conducteur de référence (7). Dans la figure 1, le circuit d'émission (5) reçoit en entrée les signaux des  $m = 4$  voies de la source (2), et ses bornes de sortie sont connectées aux conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1). Le circuit de réception

10 (6) a ses 5 bornes d'entrée connectées aux conducteurs (10) (11) (12) (13) (14) de l'interconnexion (1) et délivre  $m = 4$  "signaux de sortie du circuit de réception" au destinataire (3). Ainsi, les signaux analogiques ou numériques des quatre voies de la source (2) sont transmis aux quatre voies du destinataire (3). L'interconnexion utilisée dans la figure 1 est telle que, dans une bande de fréquences donnée, en prenant en compte les impédances localisées

15 vues par l'interconnexion et dues aux circuits qui lui sont connectés ailleurs qu'à ses extrémités, elle peut être modélisée par une ligne de transmission multiconductrice à  $n + 1$  conducteurs, ladite ligne de transmission multiconductrice ayant des caractéristiques électriques uniformes sur sa longueur, ladite ligne de transmission multiconductrice utilisant comme variables les tensions naturelles référencées au conducteur de retour et les courants

20 naturels. Par conséquent, il est possible de calculer, pour ladite ligne de transmission multiconductrice et ladite bande de fréquences donnée, la matrice impédance caractéristique par rapport au conducteur de retour, notée  $\mathbf{Z}_{RC}$ . La matrice  $\mathbf{Z}_{RC}$  est une matrice carrée d'ordre  $n$ .

Le circuit de terminaison (4) utilisé dans la figure 1 est connecté aux conducteurs de

25 l'interconnexion (1), c'est-à-dire aux conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) et au conducteur de retour (10). Selon l'invention décrite dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante, la matrice impédance du circuit de terminaison par rapport au conducteur de retour est, dans une partie de la bande de fréquences utilisée pour la transmission, approximativement égale à une matrice diagonale

30 d'ordre  $n$ , notée  $\mathbf{Z}_{RL}$ . Les matrices  $\mathbf{Z}_{RC}$  et  $\mathbf{Z}_{RL}$  peuvent être utilisées pour calculer la matrice des coefficients de réflexion en tension du dit circuit de terminaison par rapport au conducteur de retour, notée  $\mathbf{P}_R$ . Le circuit de terminaison (4) peut par exemple être dimensionné de façon à ce que tous les éléments de  $\mathbf{P}_R$  aient un module inférieur à  $2/10$ . La matrice  $\mathbf{P}_R$  est bien sûr une matrice carrée d'ordre  $n$ .

35 Le fait que, dans la figure 1,  $\mathbf{Z}_{RL}$  soit une matrice carrée d'ordre  $n$  indique que, dans ladite bande de fréquences donnée, le circuit de terminaison (4) se comporte approximativement comme s'il n'était pas connecté à la masse, donc comme un élément de

circuit à  $n + 1$  bornes flottant. Le spécialiste comprend que, par conséquent, dans une mise en oeuvre idéale, le circuit de terminaison (4) n'a pas de matrice impédance par rapport au conducteur de référence (7). De plus, le fait que  $Z_{RL}$  soit une matrice diagonale implique que le circuit de terminaison (4) peut être constitué de  $n$  dipôles linéaires passifs, chacun des dits dipôles linéaires passifs étant connecté entre le conducteur de retour (10) et un et un seul des dits conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14).

Un circuit de réception pour les transmissions pseudo-différentielles dans une pluralité de voies de transmission, comporte typiquement, comme montré sur la figure 2 pour le cas  $m = 4$  :

10  $m$  bornes signal (101), une borne commune (100) et une borne de référence (masse), les bornes signal étant destinées à être connectées à une interconnexion ayant au moins  $m$  conducteurs de transmission,  $m$  étant un entier supérieur ou égal à 2 ;  
 $m$  circuits différentiels (61) délivrant  $m$  "signaux de sortie du circuit de réception", chacun des dits circuits différentiels (61) ayant une première borne d'entrée connectée à une et une seule des dites bornes signal (101), chacun des dits circuits différentiels (61) ayant une  
 15 seconde borne d'entrée connectée à ladite borne commune (100), chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant délivré par la borne de sortie (68) d'un des dits circuits différentiels (61), ledit chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant principalement déterminé par la tension entre ladite première borne  
 20 d'entrée du dit un des dits circuits différentiels (61) et ladite seconde borne d'entrée du dit un des dits circuits différentiels (61).

Chaque circuit différentiel peut par exemple être un amplificateur différentiel ayant une unique borne de sortie, comme dans la figure 2, ou un amplificateur différentiel à sortie différentielle ayant deux bornes de sortie. De tels circuits différentiels peuvent être utilisés  
 25 pour recevoir des signaux analogiques ou numériques.

Le circuit de réception pour les transmissions pseudo-différentielles montré sur la figure 2 peut par exemple être utilisé dans le dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles montré sur la figure 1. Un circuit de réception pour les transmissions pseudo-différentielles similaire est par exemple montré sur la figure 12 de ladite demande de brevet  
 30 français numéro 07/05260 et de la demande internationale correspondante, ce circuit de réception pour les transmissions pseudo-différentielles étant tel que chaque circuit différentiel comporte une paire différentielle, une source de courant et deux résistances.

Certains types de circuit de réception pour les transmissions pseudo-différentielles sont seulement destinés à recevoir des signaux numériques, par exemple les circuits de réception  
 35 pour les transmissions pseudo-différentielles décrits dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,994,925 intitulé "Pseudo-differential logic receiver" et dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,099,395 intitulé "Reducing coupled noise in pseudo-differential

signaling”.

Nous notons que, dans les dits brevets des États-Unis d’Amérique numéro 5,994,925 et numéro 7,099,395, chacune des dites secondes bornes d’entrée est connectée à un noeud commun au lieu d’être connectée à ladite borne commune, la tension entre ledit noeud commun et la masse étant principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune et la masse. Toutes les dites secondes bornes d’entrée peuvent être connectées à un unique noeud commun, mais ce n’est pas toujours le cas. Un tel noeud commun peut par exemple être la sortie d’un générateur de polarisation (bias generator), indiqué par “bias” dans les figures 3A et 3B du dit brevet des États-Unis d’Amérique numéro 5,994,925. Dans ce cas, la tension entre ledit noeud commun et la masse n’est pas destinée à être égale à la tension entre ladite borne commune et la masse. Un tel noeud commun peut par exemple être la sortie d’un amplificateur à gain unité, indiqué par “ $V_{BUF}$ ” dans la figure 5 du dit brevet des États-Unis d’Amérique numéro 7,099,395. Dans ce cas, la tension entre ledit noeud commun et la masse est destinée à être égale à la tension entre ladite borne commune et la masse.

Les transmissions pseudo-différentielles sont efficaces pour réduire la diaphonie externe. En particulier, la méthode de ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et de la demande internationale correspondante est très efficace pour la suppression de toutes les causes de diaphonie externe. Cependant, les méthodes de transmission pseudo-différentielles souffrent de diaphonie interne. Des exemples précis de mécanismes de diaphonie interne dans des transmissions pseudo-différentielles sont expliqués ci-dessous, dans les présentations du premier mode de réalisation de l’invention et du deuxième mode de réalisation de l’invention.

## EXPOSÉ DE L’INVENTION

Le circuit de réception selon l’invention a pour but de recevoir des signaux électriques d’une interconnexion ayant deux ou plus de deux conducteurs de transmission, cette transmission présentant une diaphonie externe réduite et une diaphonie interne réduite.

L’invention concerne un circuit de réception 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 au moins  $m$  conducteurs de transmission,  $m$  étant un entier supérieur ou égal à 2 ;  $m$  circuits différentiels, chacun des dits circuits différentiels ayant une première borne d’entrée couplée à une et une seule des dites bornes signal, chacun des dits circuits différentiels ayant une seconde borne d’entrée couplée à un noeud commun, la tension entre ledit noeud commun et la borne de référence étant principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, chacun des dits circuits

différentiels ayant une sortie, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels étant, pour des petits signaux dans une partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé par la tension entre la borne signal couplée à ladite première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et ladite borne commune ;

5 un circuit de combinaison délivrant, quand le circuit de combinaison 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 2 et inférieur ou égal à  $m$ , ladite sortie de chacun des dits circuits différentiels étant couplée à une entrée du circuit de combinaison, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant

10 principalement déterminé par les dits signaux de sortie des dits circuits différentiels, au moins un des dits "signaux de sortie du circuit de réception" n'étant pas principalement déterminé par un seul des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels.

Dans le circuit de réception selon l'invention, la borne commune est distincte de la

15 borne de référence, parce que la tension entre la borne commune et la borne de référence est utilisée pour obtenir la tension entre ledit noeud commun et la borne de référence. La borne commune est utilisée par le circuit de réception selon l'invention comme une entrée en mode tension, de manière telle que le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels soit pratiquement seulement déterminé par une et une seule des tensions entre une des dites bornes

20 signal et ladite borne commune. Par conséquent, la borne commune n'est pas connectée à la borne de référence à l'intérieur du circuit de réception d'un dispositif selon l'invention, et la tension entre la borne commune et la borne de référence n'a que peu ou pas d'influence sur les dits "signaux de sortie du circuit de réception". Cependant ceci n'exclut pas une utilisation d'un circuit de réception selon l'invention dans laquelle la borne commune du circuit de

25 réception selon l'invention est mise à la masse (c'est-à-dire connectée à la borne de référence) à l'extérieur du circuit de réception selon l'invention.

Selon l'invention, chacun des dits circuits différentiels a une seconde borne d'entrée couplée à un noeud commun, la tension entre ledit noeud commun et la borne de référence étant principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune et ladite borne de

30 référence. Ceci doit être interprété dans un sens large, comme : chacun des dits circuits différentiels a une seconde borne d'entrée couplée à un noeud commun, la tension entre ledit noeud commun et la borne de référence étant principalement déterminée, à chaque instant, par l'histoire, jusqu'au dit instant, de la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence.

35 Un circuit de réception selon l'invention peut être tel que ledit noeud commun couplé à ladite seconde borne d'entrée d'un des dits circuits différentiels est le même noeud pour tous les dits circuits différentiels, ledit noeud commun étant couplé à ladite borne commune, en

utilisant une connexion directe ou un couplage indirect tel qu'un couplage en courant alternatif à travers un condensateur. Cependant, un circuit de réception selon l'invention peut aussi être tel que ledit noeud commun couplé à ladite seconde borne d'entrée d'un des dits circuits différentiels n'est pas le même noeud pour tous les dits circuits différentiels.

5 Un circuit de réception selon l'invention peut aussi comporter au moins un circuit de borne commune, chacun des dits circuits de borne commune ayant une borne d'entrée couplée à ladite borne commune, chacun des dits circuits de borne commune ayant une borne de sortie délivrant une tension principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, au moins un des dits noeuds communs étant couplé à ladite borne  
10 de sortie de chacun des dits circuits de borne commune. Le spécialiste comprend qu'au moins un des dits circuits de borne commune peut par exemple être un générateur de polarisation similaire à celui utilisé dans ledit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 5,994,925, comme expliqué ci-dessus. Le spécialiste comprend que ladite borne de sortie d'au moins un des dits circuits de borne commune peut, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de  
15 fréquences connue, délivrer une tension pratiquement égale à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence. En particulier, au moins un des dits circuits de borne commune peut par exemple être un amplificateur à gain unité.

Le spécialiste comprend que, dans le cas où les tensions entre chacun des dits noeuds communs et ladite borne commune sont, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite  
20 bande de fréquences connue, pratiquement égales à la tension entre ladite borne commune et ladite borne de référence, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels pourrait être, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé par la tension entre ladite première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et ladite seconde borne d'entrée du dit chacun des dits circuits  
25 différentiels.

Selon l'invention, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels est, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé par la tension entre la borne signal couplée à ladite première borne d'entrée du dit  
30 chacun des dits circuits différentiels et ladite borne commune. Ceci doit être interprété dans un sens large, comme : le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels est, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé, à chaque instant, par l'histoire, jusqu'au dit instant, de la tension entre la borne signal couplée à ladite première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et ladite borne commune.

35 Au titre d'un premier exemple, chacun des dits circuits différentiels utilisés dans un circuit de réception selon l'invention peut être un amplificateur différentiel tel que, dans une bande de fréquences spécifiée, la tension de sortie du dit amplificateur différentiel est

proportionnelle à la tension entre la borne d'entrée positive du dit amplificateur différentiel et la borne d'entrée négative du dit amplificateur différentiel. Un tel amplificateur différentiel peut avoir une unique borne de sortie, ou une sortie différentielle utilisant deux bornes de sortie. Au titre d'un deuxième exemple, chaque circuit différentiel utilisé dans un circuit de  
5 réception selon l'invention peut être un amplificateur à transconductance différentiel tel que, dans une bande de fréquences spécifiée, le courant de sortie du dit amplificateur à transconductance différentiel est le produit d'une transconductance donnée par la tension entre la borne d'entrée positive du dit amplificateur à transconductance différentiel et la borne d'entrée négative du dit amplificateur à transconductance différentiel. Un tel amplificateur à  
10 transconductance différentiel peut avoir une unique borne de sortie, ou une sortie différentielle utilisant deux bornes de sortie. Au titre d'un troisième exemple, chaque circuit différentiel utilisé dans un circuit de réception selon l'invention peut être constitué d'une paire différentielle et de circuits de polarisation, comme montré sur la figure 12 de ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et de la demande internationale correspondante.

15 Nous notons que chacun des dits circuits différentiels peut aussi utiliser plus de deux bornes d'entrée pour obtenir que le signal de sortie du dit chacun des dits circuits différentiels soit, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé par la tension entre la borne signal couplée à ladite première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et ladite borne commune. Par exemple, des  
20 circuits différentiels ayant trois bornes d'entrée, dont deux connectées à des noeuds communs différents, sont utilisés dans la figure 7 du dit brevet des États-Unis d'Amérique numéro 7,099,395.

Dans la suite, les expressions "est dans l'état désactivé" et "n'est pas dans l'état activé" sont équivalentes. Selon l'invention, ledit circuit de combinaison délivre des "signaux de sortie  
25 du circuit de réception" correspondant chacun à une voie de transmission, quand le circuit de combinaison est dans l'état activé. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé du circuit de combinaison, dans lequel le comportement du circuit de combinaison est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé du circuit de combinaison n'est nullement une caractéristique de l'invention.

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

Selon l'invention, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est principalement déterminé par les dits signaux de sortie des dits circuits différentiels, au moins un des dits "signaux de sortie du circuit de réception" n'étant pas principalement déterminé par  
35 un seul des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels. 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, des dits signaux



de sortie des dits circuits différentiels, au moins un des dits “signaux de sortie du circuit de réception” n’étant pas principalement déterminé par l’histoire, jusqu’au dit instant, d’un seul des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels.

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, chacun des dits “signaux de sortie du circuit de réception” peut être principalement déterminé par une combinaison linéaire de “signaux de sortie filtrés des dits circuits différentiels”, chacun des dits “signaux de sortie filtrés des dits circuits différentiels” étant le résultat de l’application d’un filtrage linéaire au signal de sortie d’un des dits circuits différentiels, 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.

Chacun des dits “signaux de sortie filtrés des dits circuits différentiels” peut être pratiquement égal au signal de sortie du circuit différentiel correspondant. Par conséquent, selon l’invention, chacun des dits “signaux de sortie du circuit de réception” peut être principalement déterminé par une combinaison linéaire des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels, 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.

Les coefficients des dites combinaisons linéaires peuvent être des nombres complexes dépendant de la fréquence. Cependant, les coefficients des dites combinaisons linéaires peuvent aussi être des nombres réels et/ou des nombres indépendants de la fréquence. Le spécialiste comprend qu’il y a de nombreuses conceptions possibles pour un circuit de combinaison procurant de telles combinaisons linéaires, de telles conceptions étant basées sur des combinaisons linéaires effectuées dans des circuits analogiques et/ou dans des circuits numériques.

Selon l’invention, ledit circuit de combinaison peut être un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties. Par exemple, ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples peut être similaire à un des circuits de réception décrits dans 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”, par exemple un des circuits de réception utilisés dans les figures 7 et 9 de ce brevet français ou de cette demande internationale. Par exemple, ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples 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 19

décembre 2006 (WO 2007/083191), 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  
5 électriques. Si ledit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples reçoit des tensions en 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 de combinaison peut être tel qu’au moins un des dits coefficients des dites combinaisons linéaires  
10 peut être réglé par des moyens électriques.

Cependant, ledit circuit de combinaison utilisé dans un dispositif selon l’invention n’utilise pas nécessairement un traitement analogique du signal pour produire les dits “signaux de sortie du circuit de réception”. Le circuit de combinaison utilisé dans un dispositif selon l’invention peut être un dispositif à entrées multiples utilisant le traitement numérique du  
15 signal ayant  $m$  entrées analogiques. Par exemple, ledit dispositif à entrées multiples utilisant le traitement numérique du signal peut être similaire à un des circuits de réception décrits dans 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  
20 and device for transmission with reduced crosstalk”, par exemple un des circuits de réception montrés sur les figures 3 et 5 de ce brevet français ou de cette demande internationale.

Si le circuit de combinaison est un dispositif à entrées multiples utilisant le traitement numérique du signal, il est aussi possible qu’au moins un des dits coefficients des dites combinaisons linéaires puisse être réglé par des moyens électriques, par exemple en utilisant  
25 un stockage dans une mémoire.

Ladite interconnexion ayant au moins  $m$  conducteurs de transmission peut être réalisée avec un câble. Ladite interconnexion peut aussi être réalisée sans câble, par exemple une interconnexion réalisée dans ou sur un circuit imprimé rigide ou flexible (en utilisant des pistes et/ou des surfaces de cuivre), ou une interconnexion réalisée dans ou sur le substrat d’un  
30 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.

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 des dites  $m$  bornes signal et/ou ladite borne commune ne soient pas couplées  
35 à des broches du dit circuit intégré.

Un dispositif selon l’invention peut être tel qu’il constitue une partie d’un circuit 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 nombre  $m$  de bornes signal peut être égal au nombre  $p$  de "signaux de sortie du circuit de réception". En particulier  $m$  peut être supérieur ou égal à trois.

Selon l'invention, les  $p$  "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant  $p$  liaisons unifilaires. Selon l'invention, les  $p$  "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent par exemple être délivrés en utilisant  $p$  liaisons différentielles.

Selon l'invention, les dits circuits différentiels et/ou ledit circuit de combinaison peuvent avoir une fonction de filtrage, par exemple en vue de l'obtention d'une désaccentuation ou d'une égalisation améliorant la transmission. Il devient alors nécessaire de synthétiser les filtres correspondants, soit sous la forme de filtres analogiques, soit sous la forme de filtres numériques, par une des nombreuses méthodes connues des spécialistes.

Lorsque les pertes ne sont pas négligeables dans l'interconnexion, des distorsions de phase et d'amplitude peuvent se produire, dont on dit qu'elles sont les distorsions dues à la propagation. La réduction de ces distorsions peut être obtenue, dans un dispositif selon l'invention, en utilisant une égalisation réduisant les effets des distorsions dues à la propagation, ladite égalisation étant mise en oeuvre dans les dits circuits différentiels et/ou dans ledit circuit de combinaison. 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 et/ou un traitement numérique du signal. Les spécialistes savent qu'il est classique d'utiliser des algorithmes adaptatifs pour mettre en oeuvre ce type de traitement dans les récepteurs pour transmission de données. Un dispositif selon l'invention peut utiliser une égalisation adaptative. Ce type de traitement est bien connu des spécialistes et est souvent mis en oeuvre en utilisant un traitement numérique du signal.

## BRÈVE PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FIGURES

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

- 30 - la figure 1 représente un système de transmission pseudo-différentiel 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 circuit de réception pseudo-différentiel, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 35 - la figure 3 représente un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 4 représente un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 représente un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 représente un quatrième mode de réalisation de l'invention.

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

### 5 Premier mode de réalisation.

Au titre d'un premier mode de réalisation d'un circuit de réception selon l'invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 3 un circuit de réception 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  
10 à être connectées à une interconnexion ayant  $m = 4$  conducteurs de transmission.

Le circuit de réception représenté sur la figure 3 est tel que :

- chacun des  $p = 4$  "signaux de sortie du circuit de réception" est délivré à une sortie (68) qui est une sortie unifilaire ;
- chacune des  $p$  sorties (68) correspond à une sortie d'un circuit de combinaison (64) ayant  $m$   
15 entrées et  $p$  sorties ;
- chacune des  $m = 4$  bornes signal (101) est connectée à une première borne d'entrée d'un circuit différentiel (61), ledit circuit différentiel ayant aussi une seconde borne d'entrée et une unique borne de sortie ;
- la borne commune (100) correspond à un noeud commun et est connectée à la seconde borne  
20 d'entrée de chacun des dits circuits différentiels (61) ;
- chaque entrée du dit circuit de combinaison (64) est couplée à la borne de sortie d'un des dits circuits différentiels (61), le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels (61) étant la tension entre la borne de sortie du dit chacun des dits circuits différentiels et la masse, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels étant proportionnel à la tension entre  
25 la borne signal (101) couplée à la première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et la borne commune (100).

Dans ce mode de réalisation, chaque circuit différentiel (61) est un amplificateur différentiel à large bande. Le circuit de combinaison (64) est un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties, chaque tension de sortie de  
30 l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples étant une combinaison linéaire de ses tensions d'entrée telle qu'au moins deux des coefficients de ladite combinaison linéaire ne sont pas égaux à zéro. Nous notons que dans ce mode de réalisation, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est une combinaison linéaire des tensions entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100).

Les dites tensions de sortie de l'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples sont des tensions par rapport à la masse. Par conséquent, dans la figure 3, une borne du circuit de combinaison (64) est connectée à la masse. Notons que le symbole de masse utilisé dans la figure 3 (et aussi dans les figures 5 et 6 discutées plus loin) a la même signification que l'autre  
5 symbole de masse utilisé dans certains des autres dessins annexés (les figures 1 et 4).

Considérons à présent un dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles défini dans ladite demande de brevet français numéro 07/05260 et la demande internationale correspondante, représenté sur la figure 1, tel que les variables de transmission produites par le circuit d'émission (5) sont des tensions naturelles référencées au conducteur de retour. Ce  
10 dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles utilise un circuit de réception tel que celui montré sur la figure 2. A basses fréquences, ce dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles souffre de diaphonie interne à cause de la résistance non nulle du conducteur de retour (ce problème peut par exemple se produire lorsque l'interconnexion est réalisée à l'intérieur d'un circuit intégré).

Pour résoudre ce problème, le circuit de réception représenté sur la figure 3 peut par exemple être utilisé à la place d'un circuit de réception tel que celui représenté sur la figure 2. A basses fréquences, supposons par exemple que la résistance de chacun des conducteurs de transmission (11) (12) (13) (14) est  $r_T$ , et que la résistance du conducteur de retour (10) est  $r_R$ . Supposons également que chaque circuit de terminaison (4) est constitué d'un réseau de  $n = 4$   
20 résistances, chacune des dites résistances étant connectée entre un des dits conducteurs de transmission et ledit conducteur de retour, chacune des dites résistances étant connectée à un conducteur de transmission différent. L'amplificateur à entrées multiples et sorties multiples peut être conçu de façon à ce que sa matrice de gain soit donnée par

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} g_A & g_B & g_B & g_B \\ g_B & g_A & g_B & g_B \\ g_B & g_B & g_A & g_B \\ g_B & g_B & g_B & g_A \end{pmatrix} \quad (1)$$

25 où

$$g_A = \frac{h_A + (n-2)h_B}{h_A^2 + (n-1)(h_A h_B - h_B^2) - h_A h_B} \quad (2)$$

et

$$g_B = \frac{-h_B}{h_A^2 + (n-1)(h_A h_B - h_B^2) - h_A h_B} \quad (3)$$

où

$$h_A = \left( 1 - \frac{r_R}{R + r_T + nr_R} \right) \frac{R}{R + r_T} \quad (4)$$

30

et

$$h_B = \frac{-r_R}{R + r_T + nr_R} \frac{R}{R + r_T} \quad (5)$$

Il est possible de montrer que cette matrice de gain élimine la diaphonie interne entre les canaux de transmission, produite à basses fréquences par la résistance du conducteur de retour de l'interconnexion utilisée dans cette liaison pseudo-différentielle.

Ce premier mode de réalisation est tel que les "signaux de sortie du circuit de réception" peuvent être des signaux analogiques ou numériques.

#### Deuxième mode de réalisation.

Au titre d'un deuxième mode de réalisation d'un circuit de réception selon l'invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 4 un circuit de réception 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. Le circuit de réception représenté sur la figure 4 est tel que :

- chacun des  $p = 4$  "signaux de sortie du circuit de réception" est délivré à une sortie (68) qui est une sortie unifilaire ;
- chacune des  $p$  sorties (68) correspond à une sortie d'un circuit de combinaison (64) comportant  $p$  sous-circuits actifs (641) et un réseau de rétroaction (642), ledit circuit de combinaison (64) ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties ;
- chacune des  $m = 4$  bornes signal (101) est connectée à une première borne d'entrée d'un circuit différentiel (61), ledit circuit différentiel ayant aussi une seconde borne d'entrée et une unique borne de sortie ;
- la borne commune (100) est connectée à l'entrée d'un circuit de borne commune constitué d'un amplificateur à gain unité (62), la sortie du dit circuit de borne commune correspondant à un noeud commun auquel la seconde borne d'entrée de chacun des dits circuits différentiels (61) est connectée ;
- chaque entrée du dit circuit de combinaison (64) est couplée à la borne de sortie d'un des dits circuits différentiels (61), le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels (61) étant la tension entre la borne de sortie du dit chacun des dits circuits différentiels et la masse, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels étant proportionnel à la tension entre la borne signal (101) couplée à la première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels et la borne commune (100).

Dans ce mode de réalisation, chaque circuit différentiel (61) est un amplificateur différentiel à large bande. Ledit circuit de combinaison (64) est un amplificateur à entrées

multiples et sorties multiples à rétroaction série-série, habituellement désigné par le sigle MIMO-SSFA correspondant à la dénomination anglaise “multiple-input and multiple-output series-series feedback amplifier”, décrit dans ladite demande de brevet français numéro 06/00388 et la demande internationale correspondante. Davantage de détails sur le MIMO-SSFA peuvent aussi être trouvés dans l’article de F. Broydé et E. Clavelier intitulé “MIMO Series-Series Feedback Amplifiers”, publié dans la revue *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. 54, No. 12, pages 1037 à 1041, en décembre 2007. Cet amplificateur à entrées multiples et sorties multiples est tel que chaque courant de sortie de l’amplificateur à entrées multiples et sorties multiples est une combinaison linéaire de ses tensions d’entrée, les coefficients des combinaisons linéaires ayant la dimension d’une admittance et étant tels qu’au moins deux des coefficients de chacune des dites combinaisons linéaires ne sont pas égaux à zéro.

Il convient de noter que ce deuxième mode de réalisation ne convient pas à l’utilisation considérée pour le premier mode de réalisation, parce que, selon les équations (2) à (5), le produit  $g_A g_B$  est positif, pour les valeurs de  $R$ ,  $r_T$  et  $r_R$  avec  $R \gg r_T \geq r_R$  d’une configuration typique.

Considérons à présent un dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles tel que celui représenté sur la figure 1, tel que le circuit de terminaison (4) ne produit aucun courant (de façon équivalente, le circuit de terminaison n’est pas présent) et tel que les variables de transmission produites par le circuit d’émission (5) sont des tensions entre chaque conducteur de transmission et la masse, chaque sortie du circuit d’émission présentant une résistance interne  $r_s$ . Ce dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles utilise un circuit de réception tel que celui montré sur la figure 2. Si nous supposons que la résistance de chaque conducteur de l’interconnexion est très petite, ce dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles ne souffre pas de diaphonie interne à basses fréquences. A des fréquences plus élevées, ce dispositif pour les transmissions pseudo-différentielles souffre cependant de diaphonie interne à cause des capacités mutuelles entre les conducteurs de l’interconnexion.

Pour résoudre ce problème, le circuit de réception représenté sur la figure 4 peut par exemple être utilisé à la place d’un circuit de réception tel que celui représenté sur la figure 2. Il peut être montré que, en utilisant les formules fournies dans ledit article intitulé “MIMO Series-Series Feedback Amplifiers”, le MIMO-SSFA de la figure 4 peut être dimensionné de façon à ce que les pertes de transmission et la diaphonie interne due aux capacités mutuelles soient efficacement réduites. En utilisant une interconnexion particulière, nous avons par exemple obtenu une multiplication par 10 de la bande passante et une réduction d’environ 15 dB de la diaphonie interne, en utilisant un réseau de rétroaction (642) constitué de seulement 4 résistances et 7 condensateurs. Nous notons que ce réseau de rétroaction est tel que les coefficients des dites combinaisons linéaires sont dépendants de la fréquence et sont

des nombres complexes non réels à une fréquence non nulle.

Ce deuxième mode de réalisation est tel que les “signaux de sortie du circuit de réception” peuvent être des signaux analogiques ou numériques.

### Troisième mode de réalisation.

- 5 Au titre d’un troisième mode de réalisation d’un circuit de réception selon l’invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 5 un circuit de réception selon l’invention, comportant  $m = 3$  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  $m = 3$  conducteurs de transmission. Le circuit de réception représenté sur la figure 5 est
- 10 tel que :
- chacun des  $p = 3$  “signaux de sortie du circuit de réception” est délivré à une sortie (68) qui est une sortie différentielle comportant 2 bornes (681) (682) ;
  - chacune des  $p$  sorties (68) correspond à une sortie d’un circuit de combinaison (64) ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties ;
  - 15 - chaque entrée du dit circuit de combinaison (64) correspond à la sortie d’un circuit différentiel comportant une paire différentielle constituée de deux transistors (611) (612), une source de courant (613) et deux résistances (618) (619) ;
  - chacune des  $m = 3$  bornes signal (101) est connectée à la grille du premier transistor (611) d’une des dites paires différentielles ;
  - 20 - la borne commune (100) correspond à un noeud commun et est connectée à la grille des  $p$  seconds transistors (612) des dites paires différentielles.

Le spécialiste comprend que les sources de courant (613) représentées sur la figure 5 sont des éléments de circuit idéaux qui peuvent être réalisés avec des composants réels, par exemple en utilisant des miroirs de courant. Les circuits différentiels définis dans ce troisième

25 mode de réalisation ont une très grande bande passante, mais ils ne sont linéaires que sur une plage réduite de tension entre une des bornes signal (101) et la borne commune (100). Nous pouvons néanmoins dire que le signal de sortie de chaque circuit différentiel est, pour des petits signaux dans une partie de la bande de fréquences utilisée pour la transmission, principalement déterminé par la tension entre la borne signal couplée à ladite première borne

30 d’entrée du dit circuit différentiel et la borne commune. Nous notons que la linéarité d’un tel circuit différentiel peut être améliorée sans réduction de bande passante, en utilisant une des techniques présentées au chapitre 5 du livre de C. Toumazou, F.J. Lidgely and D.G. Haigh intitulé *Analogue IC design: the current-mode approach* et publié par Peter Peregrinus Ltd. en 1990.

35 Dans ce troisième mode de réalisation, le circuit de combinaison (64) délivre des



signaux numériques binaires, le circuit de combinaison (64) comportant  $p$  comparateurs à sortie différentielle et un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties, chaque entrée du circuit de combinaison (64) étant une entrée du dit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples, chaque sortie du dit amplificateur à entrées multiples et sorties multiples étant connectée à une entrée d'un des dits comparateurs à sortie différentielle, chaque sortie du circuit de combinaison (64) étant la sortie différentielle d'un des dits comparateurs à sortie différentielle.

#### Quatrième mode de réalisation.

Au titre d'un quatrième mode de réalisation d'un circuit de réception selon l'invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 6 un circuit de réception selon l'invention, comportant  $m = 3$  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  $m = 3$  conducteurs de transmission. Le circuit de réception représenté sur la figure 6 est tel que :

- 15 - chacun des  $p = 3$  "signaux de sortie du circuit de réception" est délivré à une sortie (68) qui est une sortie unifilaire ;
- chacune des  $p$  sorties (68) correspond à une sortie d'un circuit de combinaison (64) ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties ;
- chaque entrée du dit circuit de combinaison (64) correspond à la sortie différentielle d'un circuit différentiel comportant une paire différentielle constituée de deux transistors (611) (612), une source de courant (613) et deux résistances (618) (619) ;
- 20 - chacune des  $m = 3$  bornes signal (101) est connectée à la première borne d'un condensateur (614) dont la seconde borne est connectée à la grille du premier transistor (611) d'une des dites paires différentielles ;
- 25 - la borne commune (100) est connectée à la première borne d'un condensateur (615) dont la seconde borne correspond à un noeud commun et est connectée à la grille des  $p$  seconds transistors (612) des dites paires différentielles;
- les dites paires différentielles sont polarisées par une résistance (616) connectée entre un noeud à une tension d'alimentation et la grille des  $p$  seconds transistors (612) des dites paires différentielles, une résistance (617) connectée entre la borne de référence (masse) et la grille des  $p$  seconds transistors (612) des dites paires différentielles, et des résistances (411) connectées chacune entre les grilles des transistors (611) (612) d'une des dites paires différentielles.
- 30

Les condensateurs (614) (615) procurant un couplage en courant alternatif, ce quatrième mode de réalisation convient pour recevoir des signaux sans composante en courant

35

continu intentionnelle. Les résistances (411) connectées chacune entre les grilles des transistors (611) (612) d'une des dites paires différentielles peuvent avoir une valeur supérieure à 10 k $\Omega$ , cas dans lequel elles ne constituent pas un circuit de terminaison.

5 Dans ce quatrième mode de réalisation, le circuit de combinaison (64) est un dispositif à entrées multiples utilisant le traitement numérique du signal ayant  $m$  entrées et  $p$  sorties. Ledit dispositif à entrées multiples utilisant le traitement numérique du signal est similaire au circuit de réception montré sur la figure 3 du dit brevet français numéro 0302814 et de la demande internationale correspondante.

10 Lorsque le circuit de combinaison (64) n'est pas dans l'état activé, sa sortie présente une haute impédance, de sorte que le circuit de combinaison (64) ne délivre aucun des "signaux de sortie du circuit de réception". Les spécialistes connaissent plusieurs méthodes pour produire un état haute impédance à la sortie du circuit de combinaison (64). Nous notons que les circuits et les lignes d'adresse et/ou de contrôle nécessaires pour contrôler l'état activé du circuit de combinaison (64) à un instant donné ne sont pas représentés sur la figure 6.

15 Ce circuit de réception est tel que chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est un signal numérique disponible à l'une des sorties (68). Alternativement, chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" pourrait être délivré par une interface parallèle utilisant plusieurs bornes de sortie. Alternativement, tous les dits "signaux de sortie du circuit de réception" pourraient partager la même interface série ou parallèle, chacun des  
20 dits "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant à une voie de transmission logique créée à cette interface.

## INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

25 Le circuit de réception selon l'invention est adaptée à la transmission pseudo-différentielle entre circuits intégrés dans une interconnexion à deux ou plus de deux conducteurs de transmission, la transmission présentant des couplages non voulus réduits.

Nous notons que, dans les modes de réalisation de l'invention donnés ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les figures 5 et 6, les composants actifs sont des MOSFET. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention, et les spécialistes  
30 comprennent qu'il eût également été possible d'utiliser des transistors bipolaires ou d'autres types de composants actifs. Par conséquent, le circuit de réception 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  
35 électromagnétiques non voulus sur des circuits imprimés. Elle est particulièrement avantageuse pour les circuits imprimés comportant des circuits analogiques à large bande ou des circuits

numériques rapides. Pour recevoir  $p$  voies de transmission, l'invention présente l'avantage de ne nécessiter que  $p + 1$  broches sur un circuit intégré assurant la fonction de circuit de réception, au lieu de  $2p$  broches dans le cas d'un récepteur pour transmission différentielle.

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

Un circuit de réception selon l'invention peut être réalisé à l'intérieur d'un circuit intégré, mais ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention.

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

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

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

## REVENDEICATIONS

1. Circuit de réception 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 au moins  $m$  conducteurs de transmission,  $m$  étant un entier supérieur ou égal à 2 ;
- $m$  circuits différentiels (61), chacun des dits circuits différentiels (61) ayant une première borne d'entrée couplée à une et une seule des dites bornes signal (101), chacun des dits
- 10 circuits différentiels (61) ayant une seconde borne d'entrée couplée à un noeud commun, la tension entre ledit noeud commun et la borne de référence étant principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune (100) et ladite borne de référence, chacun des dits circuits différentiels (61) ayant une sortie, le signal de sortie de chacun des dits circuits différentiels (61) étant, pour des petits signaux
- 15 dans une partie de ladite bande de fréquences connue, principalement déterminé par la tension entre la borne signal (101) couplée à ladite première borne d'entrée du dit chacun des dits circuits différentiels (61) et ladite borne commune (100) ;
- un circuit de combinaison (64) délivrant, quand le circuit de combinaison (64) est dans l'état activé,  $p$  "signaux de sortie du circuit de réception" correspondant chacun à une voie
- 20 de transmission,  $p$  étant un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à  $m$ , ladite sortie de chacun des dits circuits différentiels (61) étant couplée à une entrée du circuit de combinaison (64), chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" étant principalement déterminé par les dits signaux de sortie des dits circuits différentiels (61), au moins un des dits "signaux de sortie du circuit de réception" n'étant pas
- 25 principalement déterminé par un seul des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels (61).
2. Circuit de réception selon la revendication 1, dans lequel ledit noeud commun couplé à ladite seconde borne d'entrée d'un des dits circuits différentiels (61) est le même noeud pour tous les dits circuits différentiels (61), ledit noeud commun étant couplé à ladite borne
- 30 commune (100).
3. Circuit de réception selon la revendication 1, dans lequel ledit noeud commun couplé à ladite seconde borne d'entrée d'un des dits circuits différentiels (61) n'est pas le même noeud pour tous les dits circuits différentiels (61).

4. Circuit de réception selon la revendication 1, comportant en outre au moins un circuit de borne commune (62), chacun des dits circuits de borne commune (62) ayant une borne d'entrée couplée à ladite borne commune (100), chacun des dits circuits de borne commune (62) ayant une borne de sortie délivrant une tension principalement déterminée par la tension entre ladite borne commune (100) et ladite borne de référence, au moins un des dits noeuds communs étant couplé à ladite borne de sortie de chacun des dits circuits de borne commune (62).
- 5
5. Circuit de réception selon la revendication 4, dans lequel ladite borne de sortie d'au moins un des dits circuits de borne commune (62) délivre, pour des petits signaux dans ladite partie de ladite bande de fréquences connue, une tension pratiquement égale à la tension entre ladite borne commune (100) et ladite borne de référence.
- 10
6. Circuit de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est principalement déterminé par une combinaison linéaire des dits signaux de sortie des dits circuits différentiels (61), 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.
- 15
7. Circuit de réception selon la revendication 6, dans lequel ledit circuit de combinaison est tel qu'au moins un des dits coefficients des dites combinaisons linéaires peut être réglé par des moyens électriques.
8. Circuit de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chacun des dits "signaux de sortie du circuit de réception" est une combinaison linéaire des tensions entre une des dites bornes signal (101) et ladite borne commune (100).
- 20
9. Circuit de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit de réception constitue une partie d'un circuit intégré, ladite interconnexion étant réalisée à l'intérieur du dit circuit intégré.
- 25
10. Circuit de réception selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit circuit de réception 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 / 5

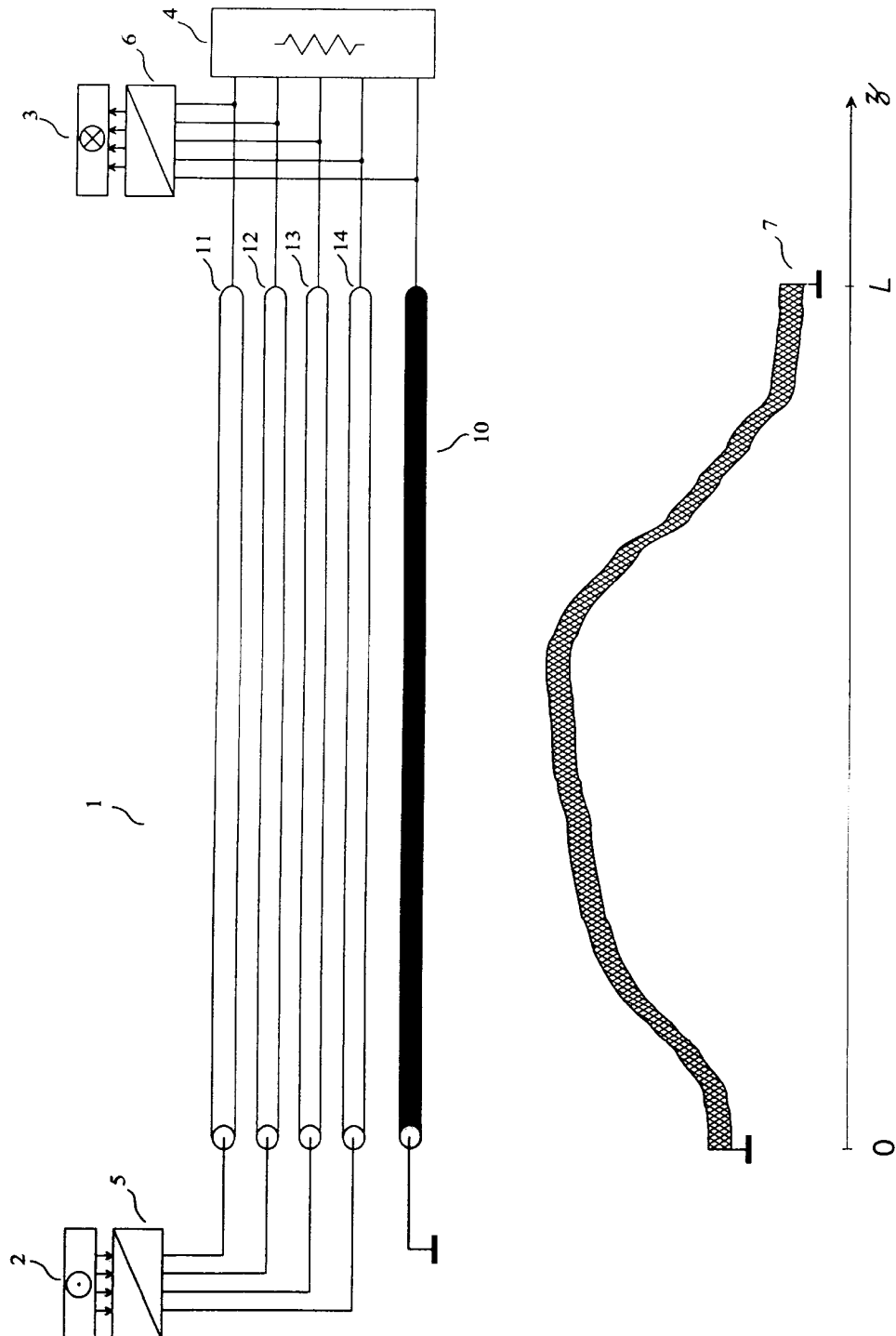


FIG. 1

2 / 5

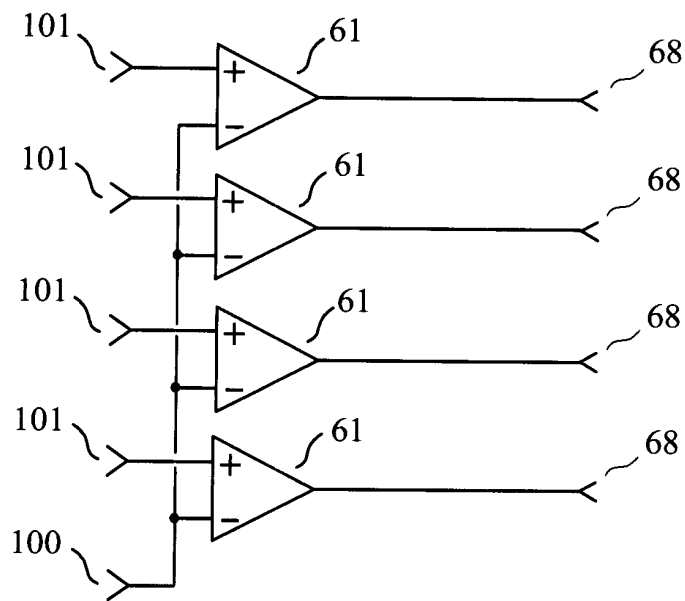


FIG. 2

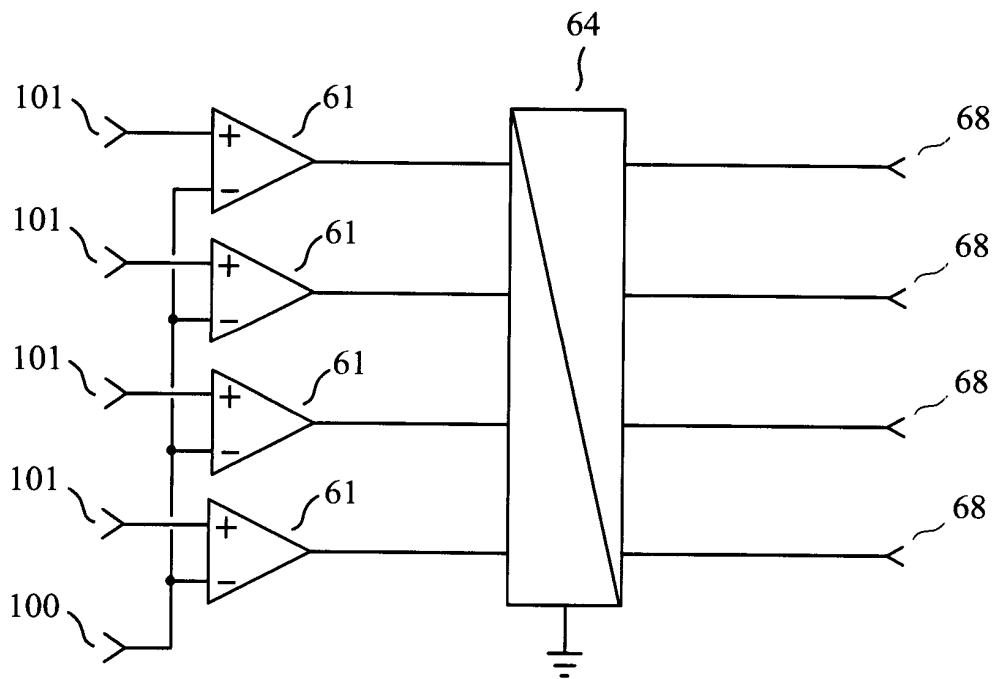


FIG. 3

3 / 5

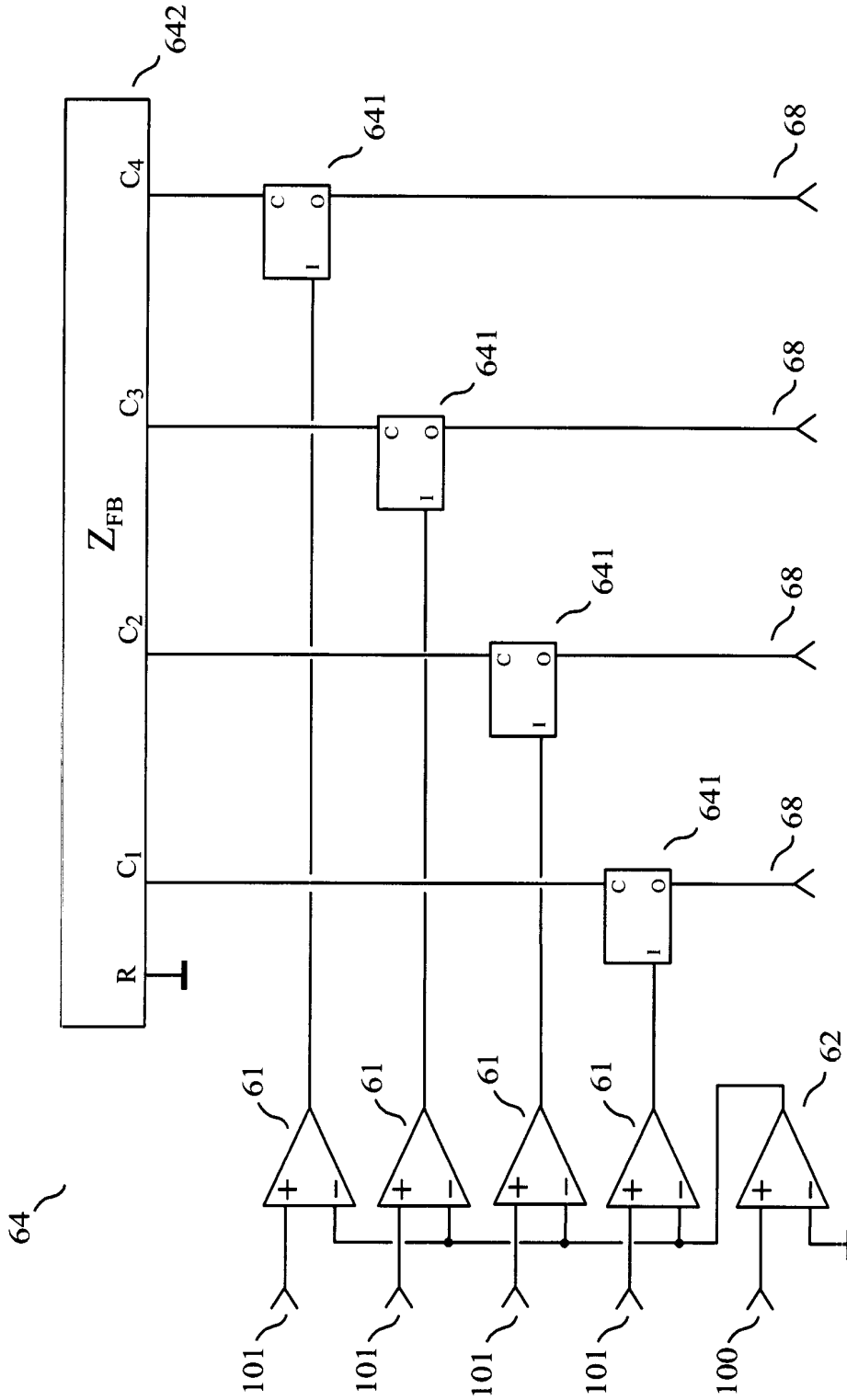


FIG. 4



4 / 5

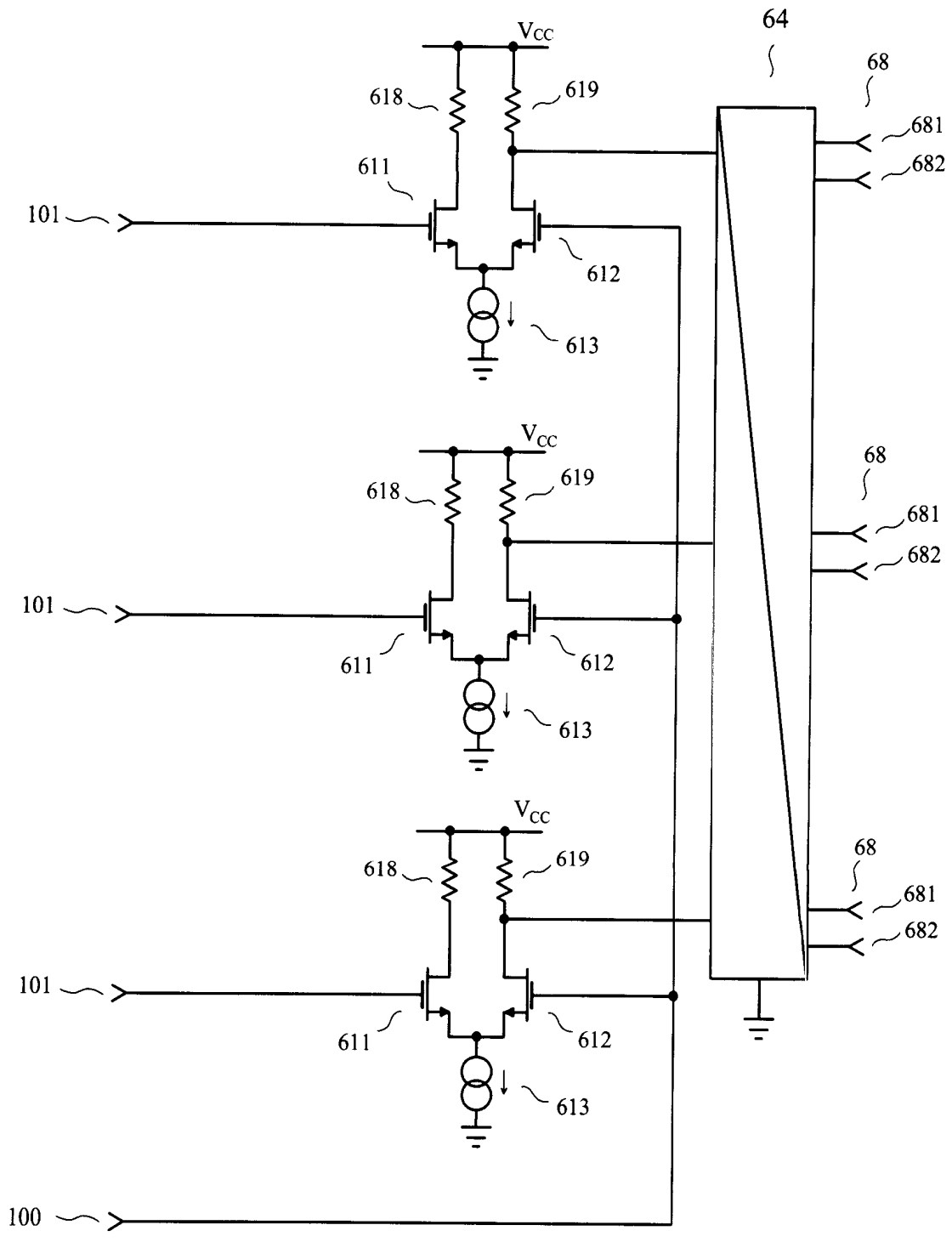


FIG. 5

5 / 5

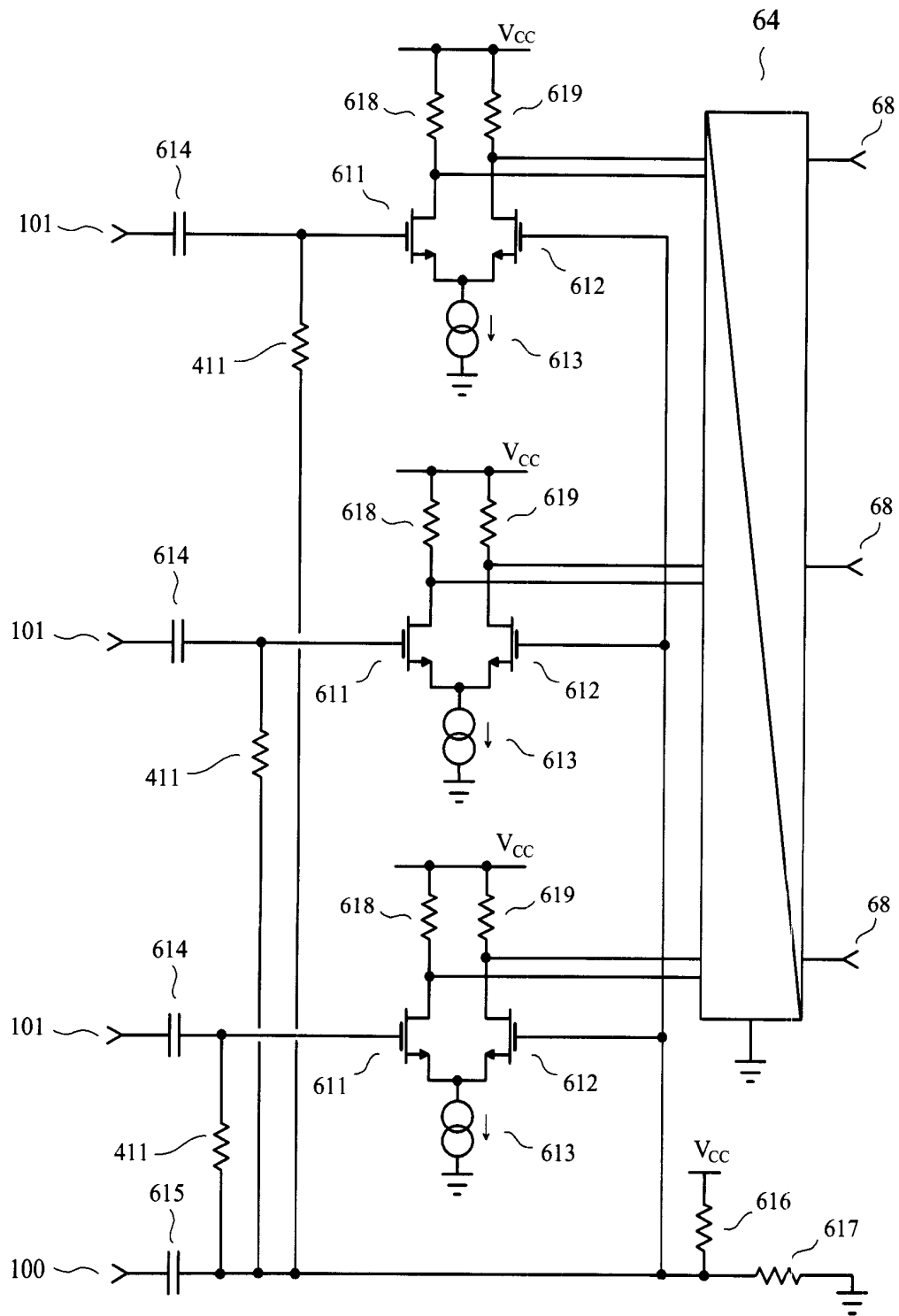


FIG. 6

# 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**

FR 2 896 360 A (EXCEM SOC PAR ACTIONS SIMPLIFI [FR])  
20 juillet 2007 (2007-07-20)

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

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

FREDERIC BROYDE ET AL: "A Simple Method for Transmission with Reduced Crosstalk and Echo" ELECTRONICS, CIRCUITS AND SYSTEMS, 2006. ICECS '06. 13TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 décembre 2006 (2006-12-01), pages 684-687, XP031111582 ISBN: 978-1-4244-0394-3

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**